

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Mesure continue de la température rectale : Faisabilité et validation de l'utilisation de sondes téléométriques.

Par

Jonathan Gosselin, B.Sc. Études du mouvement humain

Mémoire de maîtrise présenté à la Faculté des sciences de l'activité physique

En vue de l'obtention du grade de

Maître des sciences (M.Sc.)

Maîtrise en sciences de l'activité physique

Janvier 2019

© Jonathan Gosselin

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté des sciences de l'activité physique

Mesure continue de la température rectale : Faisabilité et validation de l'utilisation de sondes téléométriques.

Jonathan Gosselin, B.Sc. Études du mouvement humain

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Directeur de recherche:	Eric Goulet, Ph.D.
Membre interne :	Pierre Boulay, Ph.D.
Membre externe :	Daniel Gagnon, Ph.D.
Président du jury :	Martin Brochu, Ph.D.

Mémoire accepté le 24 janvier 2019

SOMMAIRE

En sciences de l'activité physique, la mesure continue de la température corporelle est utilisée afin d'étudier et comprendre la régulation de la température interne lors de situations engendrant des gains ou des pertes de chaleur corporelle faibles, modérés ou importants (Lim, Byrne et Lee, 2008; Taylor, Tipton et Kenny, 2014). Trois méthodes, toutes associées à des sites anatomiques différents, sont largement utilisées, soit la température œsophagienne, gastro-intestinale et rectale (Byrne et Lim, 2007).

La mesure continue de la température rectale à l'aide d'une sonde rectale câblée est limitante et peut être encombrante. L'utilisation d'une sonde télémétrique comme suppositoire pour monitorer la température rectale pourrait contourner certaines limitations. L'idée d'utiliser une sonde télémétrique pour évaluer la température rectale n'est pas nouvelle (Adams, Fox, Fry et MacDonald, 1975; Cheuvront et al., 2009; Ely, Cheuvront, Kenefick et Sawka, 2010; Keatinge et Neild, 1990; Kenefick, et al., 2009; Xu, Karis, Buller et Santee, 2013). Cependant, personne n'a jamais déterminé si cette technique de mesure est valide en tant que suppositoire. Ainsi, le but de ce mémoire est de déterminer si des sondes télémétriques, habituellement utilisées afin de mesurer la température gastro-intestinale, peuvent être utilisées pour mesurer la température rectale de façon valide 1) au repos à une température ambiante tempérée; 2) lors d'une augmentation lente et modérée de la température rectale; 3) lors d'une diminution lente et modérée de la température rectale; 4) lors d'une augmentation rapide et importante de la température rectale et; 5) lors d'une diminution rapide et importante de la température rectale.

Treize (10 hommes, 3 femmes) participants (31 ± 9 ans) ont complété de manière séquentielle, tout en portant une sonde rectale câblée (YSI 401) liée à une sonde télémétrique (CorTemp) : 1) 30 minutes de repos (23°C); 2) 45 minutes de repos à l'intérieur d'une chambre portative à infrarouge ($40\text{-}42^{\circ}\text{C}$); 3) 45 minutes de repos (23°C) en ingérant, pendant les 30 premières minutes, 7.5 g de barbotine/kg de masse corporelle; 4) une période d'exercice (38°C) à 68% de la $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ (consommation maximale d'oxygène) jusqu'à une température rectale câblée de 39.5°C et; 5) une période d'immersion en eau froide (10°C) jusqu'à une diminution de la température rectale câblée

de 1.5 °C. Le seuil pour une différence acceptable entre les sondes a été fixé à un biais moyen $< 0.27^{\circ}\text{C}$. Durant l'expérimentation, la fréquence cardiaque, la pression artérielle, la température de la peau, la température rectale câblée, la température rectale téléométrique ainsi que des variables d'hydratation et perceptuelles ont été mesurées.

Durant toutes les phases de l'expérimentation, la température rectale câblée était supérieure à la température rectale téléométrique. Au cours des 4 premières phases de l'expérimentation, les biais moyens étaient $< 0.27^{\circ}\text{C}$. Toutefois, durant la 5^e phase de l'expérimentation, lorsque la température rectale était $< 38.4^{\circ}\text{C}$, le biais moyen était $> 0.27^{\circ}\text{C}$. Durant l'immersion (5^e phase), les biais ont varié selon les changements de température rectale puisqu'il y avait présence d'hétéroscédasticité dans les résultats. Entre les phases, les coefficients de corrélation intra-classe allaient de 0.82 à 0.95. Les limites d'accord à 95% étaient relativement similaires au cours des 4 premières phases, allant de ± 0.22 à $\pm 0.34^{\circ}\text{C}$. En revanche, pour la phase 5, 95% des résultats obtenus avec la sonde rectale câblée allaient de $+ 0.82$ à -0.01°C à une température rectale moyenne de 37.75°C et de $+ 0.39$ à -0.42°C à une température rectale moyenne de 39.75°C , par rapport aux valeurs fournies par la sonde téléométrique. En ce qui concerne le taux de variation des températures rectales dans toutes les phases, celui-ci était similaire entre la sonde rectale téléométrique et la sonde rectale câblée avec des valeurs respectivement de $-0.007 \pm 0.003^{\circ}\text{C} / \text{minute}$ et $-0.007 \pm 0.006^{\circ}\text{C} / \text{minute}$ ($p = 0.70$), $0.003 \pm 0.004^{\circ}\text{C} / \text{minute}$ et $0.003 \pm 0.005^{\circ}\text{C} / \text{minute}$ ($p = 0.70$), $0.011 \pm 0.002^{\circ}\text{C} / \text{minute}$ et $-0.011 \pm 0.004^{\circ}\text{C} / \text{minute}$ ($p = 0.73$), $0.055 \pm 0.007^{\circ}\text{C} / \text{minute}$ et $0.058 \pm 0.009^{\circ}\text{C} / \text{minute}$ ($p = 0.11$) et $-0.093 \pm 0.047^{\circ}\text{C} / \text{minute}$ et $-0.097 \pm 0.067^{\circ}\text{C} / \text{minute}$ ($p = 0.51$) pour les phases 1, 2, 3, 4 et 5.

Pour conclure, ceci est la première étude à démontrer qu'à l'exception des diminutions rapides de la température rectale, l'utilisation de sondes téléométriques comme suppositoires permet de mesurer de manière appropriée les changements de la température rectale dans des conditions de recherche où les résultats proviennent de la moyenne de plusieurs sondes téléométriques.

TABLES DES MATIÈRES

SOMMAIRE	4
TABLES DES MATIÈRES	6
LISTE DES TABLEAUX ET GRAPHIQUES	8
REMERCIEMENTS	9
1. PROBLÉMATIQUE	10
1.1. Introduction	10
1.2. Physiologie de la température rectale.....	14
1.2.1. Gradient de température au niveau du rectum.....	15
1.2.2. Temps de réponse au niveau du rectum.....	15
1.2.3. L'afflux sanguin au niveau du rectum.....	15
1.2.4. L'impact d'un exercice du bas du corps sur la température rectale.....	16
1.3. Température rectale : l'influence de diverses conditions	16
1.3.1 Repos	16
1.3.2. Exposition passive à la chaleur.....	17
1.3.3. Ingestion de liquide	17
1.3.4. Exercice	18
1.3.5. Immersion en eau froide.....	19
1.4. Mesure de la température rectale.....	20
1.4.1 Spécificité de la mesure de la température rectale.....	20
1.4.2. Limites techniques associées à l'utilisation de la sonde rectale	20
1.5. Sondes télémétriques destinées à mesurer la température corporelle.....	21
1.5.1. Manufacturiers.....	21
1.5.2. Composition de la sonde télémétrique.....	22
1.5.3. Récepteur.....	22
1.5.4. Fonctionnement de la sonde télémétrique	22
1.5.5. Durée de la batterie.....	23
1.5.6. Distance de transmission du signal.....	23
1.5.7. Interférence électromagnétique	23
1.5.8. Précision et calibration	23
1.5.9. Coût de la sonde	24

1.6. Énoncé du problème et but de l'étude	24
1.7. Hypothèses de recherche	24
1.8. Retombées de l'étude	25
2. MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS.....	26
2.1. Abstract	28
2.2. Introduction	29
2.3. Methods.....	30
2.4. Results	35
2.5. Discussion	38
2.6. References	43
2.7. Table.....	46
2.8. Figure legends	47
2.9. Figures.....	48
3. DISCUSSION.....	51
3.1. Les désavantages associés à l'utilisation d'une sonde téléométrique en suppositoire pour monitorer la température rectale.....	51
3.2. Recherche future.....	51
3.2.1. Utilisation de la sonde téléométrique à de multiples occasions	51
4. CONCLUSION	52
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	54
ANNEXE A.....	62
ANNEXE B.....	63
ANNEXE C	64
ANNEXE D.....	65
ANNEXE E	66
ANNEXE F	66
ANNEXE G.....	68
ANNEXE H.....	68
ANNEXE I	70
ANNEXE J	75
ANNEXE K.....	76
ANNEXE L	77
ANNEXE M.....	78

ANNEXE N.....	79
ANNEXE O.....	80
ANNEXE P	81

LISTE DES TABLEAUX ET GRAPHIQUES

Tableau

Tableau 1 : Comparaisons statistiques entre les températures rectales câblées et rectales téléométriques.

Graphiques

Graphique 1 : Changements de la fréquence cardiaque (a) et de la température de la peau (b) dans le temps pour les cinq phases. **CWI**: cold-water immersion.

Graphique 2 : Évolution des températures rectales câblées et rectales téléométriques durant le repos, l'exposition passive à la chaleur et l'ingestion de liquide (a) et l'exercice et l'immersion en eau froide (b) dans le temps durant l'expérimentation.

Graphique 3 : Biais moyens et limites d'accord à 95% entre la sonde rectale câblée et la sonde rectale téléométrique durant le repos (a), l'exposition passive à la chaleur (b), l'ingestion de liquide (c), l'exercice (d) et l'immersion en eau froide (e). **SD**: Standard deviation. **SEE**: Standard error of estimate.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire n'aurait pu être possible sans la collaboration et le soutien de plusieurs personnes.

Je souhaite avant tout remercier mon Directeur Éric Goulet, pour son encadrement et sa disponibilité.

Un grand merci à ma famille pour leur soutien inconditionnel.

Enfin, je tiens à remercier mes collègues de laboratoire pour leurs aides précieuses durant mes recherches.

1. PROBLÉMATIQUE

1.1. Introduction

La température corporelle est étudiée par la communauté scientifique depuis déjà plusieurs siècles (Taylor, Tipton et Kenny, 2014). Plusieurs facteurs pouvant influencer la variation de la température corporelle ont été découverts au fil du temps tels que la présence d'un virus dans l'organisme (Moran et Mendal, 2002), la pratique d'exercice physique (Nielsen et Kaciuba-Uscilko, 1998), l'exposition à divers environnements (Werner, 1998) et le rythme circadien (Coyne, Kesick, Doherty, Kolka et Stephenson, 2000; Monk, Buysse, Billy, Kennedy et Willrich, 1998; Van Someren, Raymann, Scherder, Daanen et Swaab, 2002), par exemple.

La mesure continue de la température corporelle est un moyen efficace de prévenir les risques et les complications associés à une variation trop importante de celle-ci (Armstrong et al., 2007). Afin de bien interpréter les résultats associés à une procédure ou pour prendre des décisions éclairées et mettre en place une intervention adéquate, il est important d'utiliser des méthodes qui ont été préalablement validées, selon le contexte d'utilisation.

Il existe un éventail de techniques et de sites anatomiques permettant de mesurer la température corporelle (Moran et Mendal, 2002; Taylor, Tipton et Kenny, 2014). Dans le domaine des sciences de l'activité physique, trois méthodes, toutes associées à des sites différents, sont largement utilisées, soit la température œsophagienne, gastro-intestinale et rectale (Byrne et Lim, 2007). Néanmoins, la température rectale est celle qui est la plus fréquemment utilisée (Moran et Mendal, 2002; Sawka et Wenger, 1988).

La température œsophagienne a démontré être une méthode valide pour mesurer la température interne du corps dans plusieurs situations (Byrne et Lim, 2007; Sawka et Wenger, 1988). De plus, elle est également considérée par plusieurs comme étant une mesure de référence (Engels, Yarandi et Davis, 2009). La température œsophagienne est prise à proximité du ventricule gauche et de l'aorte. Elle reflète assez bien la température centrale du sang (Byrne et Lim, 2007; Cooper et Kenyon, 1957; Gerbrandy, Snell et Cranston, 1954; Moran et Mendal, 2002; Teunissen, Haan, Konning et Daanen, 2012). De plus, cette mesure est très sensible aux modifications de la température corporelle interne

et répond très rapidement aux changements de température (Teunissen, Haan, Konning et Daanen, 2012).

Toutefois, la mesure de la température œsophagienne a plusieurs points faibles. En effet, elle requiert l'insertion d'une sonde pouvant causer des vomissements, une irritation des voies nasales et de la gorge en plus de rendre la respiration difficile durant l'exercice (Lee, Williams et Schneider, 2000; Moran et Mendal, 2002; Sato et al., 1996; Sawka et Wenger, 1998). De plus, à cause de l'emplacement de la sonde, les températures captées peuvent être influencées par la prise de liquide (Lee, Williams et Schneider, 2000; Moran et Mendal, 2002; O'brien, Hoyt, Buller, Castellani et Young, 1998). Finalement, la température œsophagienne sous-estime également la température des muscles des membres inférieurs durant l'exercice (Mündel, Carter, Wilkinson et Jones, 2016).

La température gastro-intestinale, quant à elle, est mesurée de façon téléométrique à l'aide d'une sonde qui parcourt l'œsophage, l'estomac et le tube digestif. Son signal peut être capté à l'aide d'un récepteur sans fil porté à la taille. Au cours des dernières années, plusieurs études ont démontré la validité de cette méthode pour mesurer la température corporelle ainsi que son haut niveau d'accord avec la température œsophagienne ou rectale (Byrne et Lim, 2007). La température gastro-intestinale est souvent utilisée comme méthode alternative pour mesurer la température corporelle, car elle est facile d'utilisation, présente moins de désagréments pour les participants et peut être utilisée à l'extérieur des conditions de laboratoire (Teunissen, Haan, Konning et Daanen, 2012). De plus, la température gastro-intestinale est plus sensible aux changements rapides de température comparativement à la température rectale (Byrne et Lim, 2007; Mündel, Carter, Wilkinson et Jones, 2016).

Toutefois, la mesure de la température gastro-intestinale a également plusieurs points faibles. En effet, elle répond plus lentement à une variation rapide de température comparativement à la température œsophagienne, et ce autant lors d'une augmentation que durant une diminution de la température corporelle (Gant, Atkinson et Williams, 2006; Kolka, Quigley, Blanchard, Toyota et Stephenson, 1993; Lim, Byrne et Lee, 2008). Le délai observé au niveau de la température gastro-intestinale serait associé à une réduction de l'afflux sanguin au niveau du tube digestif limitant ainsi le transfert de chaleur par

convection (Teunissen, Haan, Koning et Daanen, 2012). Sans compter qu'une plus grande quantité de chaleur est nécessaire au niveau du tube digestif pour capter une augmentation de la température corporelle (Easton, Fudge et Pitsiladis, 2007; Moran et Mendal 2002). Plusieurs déboires sont associés au fait que la sonde téléométrique est prise au niveau de la bouche. En effet, puisque l'emplacement de la sonde ne peut être contrôlé, celle-ci peut se déplacer à l'intérieur du tube digestif et nuire à l'uniformité des résultats surtout que la motilité gastro-intestinale peut varier entre individus (Byrne et Lim, 2007; McKenzie et Osgood, 2004). La possibilité que la sonde soit évacuée dans un moment importun en limite son utilisation (Byrne et Lim, 2007). La température gastro-intestinale peut être également contaminée par la consommation de liquide ou d'aliment, même si la sonde est prise plusieurs heures avant la collecte de données (Byrne et Lim, 2007; Engels, Yarandi et Davis, 2009; Savoie et al. 2015; Wilkinson, Carter, Richmond, Blacker et Rayson, 2008; Yamasue, Hagiwara, Tochikubo, Sugimoto et Kohno, 2012). Le coût élevé associé à la mesure de la température gastro-intestinale ainsi que l'utilisation unique de la sonde en limite aussi son utilisation. De plus, la sonde ne peut être utilisée chez les gens avec un poids corporel de moins de 36 kilogrammes (CorTemp HQ Inc., Palmetto, Florida, Usa) et certaines personnes sont incapables de l'avaler. Finalement, les interférences et les pertes de données peuvent être également une limitation importante lorsque la température gastro-intestinale est mesurée (Byrne et Lim, 2007).

Selon Moran et Mendal (2002), la température rectale est la mesure la plus utilisée en sciences de l'activité physique, mais également dans diverses autres conditions telles que le milieu clinique, car son exactitude est très reconnue dans la communauté scientifique en plus d'être une mesure de référence (Astrand et Rodahl, 1970; Engels, Yarandi et Davis, 2009; Saltin et Hermansen, 1966). En effet, la température rectale est la mesure appropriée à utiliser lorsqu'il y a une situation d'urgence reliée à une variation de la température corporelle (Armstrong et al., 2007; Binkley, Beckett, Casa, Kleiner et Plummer, 2002; Gagnon, Lemire, Jay, Kenny, 2010). De plus, la température rectale permet également d'avoir des mesures précises en situation de repos et en situation stable d'exercice physique (Teunissen, Haan, Konning et Daanen, 2012).

Par contre, la température rectale n'est pas une mesure parfaite à cause de ses nombreuses limitations. La température rectale prise de façon traditionnelle est une technique encombrante à utiliser en dehors des conditions de laboratoire (Easton, Fudge et Pitsiladis, 2007), voire même impossible en milieu aquatique (Keatinge et Neild, 1990). En comparaison aux autres techniques de mesure de la température corporelle, il a été démontré que l'utilisation de la température rectale avait tendance à nuire au recrutement des participants (Lim, Byrne et Lee, 2008; Mündel, Carter, Wilkinson et Jones, 2016). En effet, la température rectale est considérée par plusieurs comme étant une technique nécessitant davantage d'intimité à cause de l'emplacement du site de mesure (Smiddy et Benson, 1969) en plus d'être indisposant pour les participants (El-Radhi, 2013) du fait que la sonde doit être maintenue en position à l'aide de ruban adhésif ou d'un harnais. Le risque d'infection est également plus élevé lors de la prise de la température corporelle au niveau du rectum (McAllister et al., 1986), surtout s'il y a négligence au niveau des procédures de décontamination. Sans compter que la température rectale répond moins rapidement aux variations rapides de température corporelle comparativement à la température œsophagienne ou gastro-intestinale autant lors d'une augmentation que durant une diminution de température corporelle (Astrand et Rodahl, 1970; Mündel, Carter, Wilkinson et Jones, 2016). De plus, lors d'un refroidissement localisé au niveau du rectum, la température rectale aura tendance à diminuer de façon importante et sera donc moins représentative de la température du reste du corps (Basset, Cahill, Handrigan, DuCharme et Cheung, 2011). Finalement, la température rectale sera plus élevée lors d'un exercice du bas du corps à cause d'une faible dispersion de la chaleur au niveau local ainsi que d'un transfert de chaleur entre les muscles de la région pelvienne et le rectum (Asmussen et Nielsen, 1947; Aulick, Robinson et Tzankoff, 1981).

Néanmoins, nous croyons que l'utilisation d'une sonde téléométrique au niveau du rectum pourrait résoudre certaines limitations techniques associées à la prise de la température rectale à l'aide d'une sonde câblée. D'ailleurs, l'idée d'utiliser une sonde téléométrique dédiée à la mesurer la température gastro-intestinale au niveau du rectum provient d'études précédentes (Adams, Fox, Fry et MacDonald, 1975; Cheuvront et al., 2009; Ely, Cheuvront, Kenefick et Sawka, 2010; Keatinge et Neild, 1990; Kenefick, et al., 2009; Xu, Karis, Buller et Santee, 2013). Par contre, cette méthode n'a encore jamais été validée

concrètement au sein de la communauté scientifique et seulement une étude pilote non publiée (n=3) a examiné l'accord entre la sonde téléométrique et la sonde câblée durant un exercice à vélo de 25 minutes (Kenefick et al., 2009). Ainsi, à notre connaissance, aucune étude n'a encore évalué la validité de l'utilisation d'une sonde téléométrique au niveau du rectum.

Ce mémoire tentera donc de déterminer si des sondes téléométriques peuvent être utilisées afin de mesurer la température rectale de façon valide dans diverses conditions :

- Repos;
- Exposition passive à la chaleur;
- Ingestion de liquide;
- Exercice;
- Immersion en eau froide.

1.2. Physiologie de la température rectale

Plusieurs études ont démontré qu'une mesure continue de température au niveau du rectum permettait d'avoir une bonne représentation de la température corporelle (Byrne et Lim, 2007; Moran et Mendal, 2002). Dès le 19^e siècle, la température rectale était utilisée par certains scientifiques à cause de la stabilité thermique du rectum (Taylor, Tipton et Kenny, 2014). Au repos, la température mesurée au niveau du rectum est plus élevée que celles obtenues par la majorité des autres techniques (Brennan, Falk, Rothrock et Kerr, 1995; Eichna, Berger, Rader et Becker, 1951; Smitz, Giagoultsis, Dewé et Albert, 2000). Comparativement aux autres régions du corps, la chaleur produite à proximité du rectum se disperse avec plus de difficulté à l'extérieur du corps. La difficulté de dispersion de la chaleur au niveau du rectum est associée principalement à un faible afflux sanguin (Houdas et Ring, 1982; Petersen et Hauge, 1997) et à une forte isolation causée par la densité des tissus (Petersen et Hauge, 1997).

1.2.1. Gradient de température au niveau du rectum

Au niveau du rectum, la mesure de la température corporelle n'est pas stable et uniforme partout et ceci à cause de la présence d'un gradient le long de celui-ci (Lee, Wakabayashi, Wijayanto et Tochihara, 2010). En effet, il a été démontré que la température anale mesurée à l'extrémité proximale du rectum est très influencée par la profondeur et l'emplacement de la sonde (Taylor, Tipton et Kenny, 2014; Togawa, 1985). Des variations de température pouvant aller jusqu'à 0.8 °C ont été enregistrées dans cette région (Mead et Bonmarito, 1949). Toutefois, la littérature a démontré qu'une mesure de la température rectale prise au-delà de 8 centimètres de l'extrémité du rectum serait l'idéale (Houdas et Ring, 1982; Lee, Wakabayashi, Wijayanto et Tochihara, 2010; Lim, Byrne et Lee, 2008; Togawa, 1985). Une récente étude recommande de mesurer la température rectale à 15 centimètres de profondeur lorsqu'un coup de chaleur est suspecté (Miller, Hughes, Long, Adams et Casa, 2017).

1.2.2. Temps de réponse au niveau du rectum

La température rectale est la technique de mesure utilisée en sciences de l'activité physique qui répond le plus lentement à une variation rapide de température autant lors d'une augmentation ou d'une diminution de température corporelle (Astrand et Rodahl, 1970; El-Radhi, 2013). De plus, la température rectale suite à un changement rapide de température corporelle va nécessiter un délai plus long que les autres techniques pour atteindre un nouvel état d'équilibre (Minard, 1970). Ce délai observé au niveau de la température rectale peut être expliqué par la grande capacité thermique des tissus ainsi que la présence d'un effet isolant dans la région (Gagnon, Lemire, Jay et Kenny, 2010; Renbourn, 1972).

1.2.3. L'afflux sanguin au niveau du rectum

L'afflux sanguin au niveau rectal peut varier dépendamment de la nature et de l'intensité des activités quotidiennes, les changements hormonaux ainsi que la fluctuation de la température de la peau (Taylor, Tipton et Kenny, 2014). De plus, il est présumé dans la littérature que le flux sanguin au niveau du rectum va diminuer de la même façon que le flux sanguin viscéral lors d'une augmentation de l'intensité durant un exercice (Otte,

Oostveen, Geelkerken, Groeneveld et Kolkman, 2001; Rowell, Kraning, Kennedy et Evans, 1967). Sans compter que la combinaison de l'exercice et de la chaleur aurait une grande influence sur la diminution de l'afflux sanguin viscéral limitant ainsi le transfert de chaleur par convection et augmentant la dépendance à la conduction. Le faible afflux sanguin et la dépendance à la conduction seraient une explication au délai associé à la température rectale lors d'un changement de température (Taylor, Tipton et Kenny, 2014).

1.2.4. L'impact d'un exercice du bas du corps sur la température rectale

La production de chaleur au niveau des jambes lors d'exercices des membres inférieurs se disperse dans l'organisme grâce à la veine fémorale et aux tissus périphériques (Gisolfi et Robinson, 1970; González-Alonso, 2012; Taylor, Tipton et Kenny, 2014). Longtemps, on a cru que le flux sanguin au niveau de la veine fémorale avait un effet important sur la température rectale lors d'exercices du bas du corps (Asmussen et Nielsen, 1947; Bazett, et al., 1948). Toutefois, il a été démontré dans la littérature que la température rectale était moins tributaire du flux sanguin des jambes comparativement à la température œsophagienne (Mittleman et Mekjavic, 1988). L'augmentation de la température rectale découlerait plutôt d'une faible dispersion de la chaleur au niveau local et d'un transfert de chaleur entre les muscles de la région pelvienne et le rectum (Asmussen et Nielsen, 1947; Aulick, Robinson et Tzankoff, 1981). Ceci peut expliquer également pourquoi la température rectale lors d'exercices de même intensité sera plus élevée lors d'un exercice du bas du corps (Asmussen et Nielsen, 1947; Aulick, Robinson et Tzankoff, 1981).

1.3. Température rectale : l'influence de diverses conditions

1.3.1 Repos

L'utilisation d'une sonde rectale pour mesurer la température corporelle au repos est très répandue autant dans le milieu clinique que scientifique. D'autant plus que cette technique a démontré à plusieurs reprises qu'elle était facile d'utilisation en plus d'être valide et fidèle (Armstrong et al., 2007; Teunissen, Haan, Koning et Daanen, 2012). Au repos, la température rectale reflète assez bien la température corporelle centrale en plus d'être une mesure stable (Lim, Byrne et Lee, 2008) et non influencée par les conditions ambiantes

(El-Radhi, 2013; Lim, Byrne et Lee, 2008). La température rectale aura tendance à augmenter légèrement lors d'une longue période de repos (Teunissen, Haan, Koning et Daanen, 2012). De plus, la température rectale est plus élevée que celles mesurées dans la majorité des autres sites, par exemple, la température œsophagienne (Daanen, 2006; Houdas et Ring, 1982), et cela serait causé par le faible afflux sanguin (Houdas, et Ring, 1982; Petersen et Hauge, 1997) et à la présence d'une forte isolation au niveau du rectum (Petersen et Hauge, 1997). La prise d'une mesure de référence de la température corporelle au repos peut être utilisée pour plusieurs raisons dans le milieu clinique et scientifique. En effet, cette mesure peut servir à détecter les changements encourus au niveau de la température corporelle lors d'une intervention, par exemple.

1.3.2. Exposition passive à la chaleur

La température rectale lors d'une exposition passive à la chaleur ne serait pas grandement influencée par les conditions ambiantes (El-Radhi, 2013; Ganio et al., 2009; Lim, Byrne et Lee, 2008). En effet, Ganio et al. (2009) a démontré qu'un changement de température ambiante de 23.3 à 36.6 °C avait peu d'impact sur la mesure de la température rectale comparativement à d'autres techniques pouvant l'être tel que la température orale variant de 0.75°C.

1.3.3. Ingestion de liquide

La température corporelle est souvent mesurée dans des situations propices à la consommation de liquides telles que l'exposition à la chaleur et l'exercice. Il a été démontré dans la littérature que la consommation de liquide affecterait artificiellement les résultats recueillis par la sonde œsophagienne à cause de son emplacement (Lee, Williams et Schneider, 2000; Moran et Mendal, 2002; O'brien, Hoyt, Buller, Castellani et Young, 1998). Plus récemment, la communauté scientifique a démontré que les résultats obtenus par la sonde gastro-intestinale pouvaient être aussi influencés par la prise de liquide, même si la sonde était prise plusieurs heures avant la consommation et que le liquide ingéré était à la température corporelle. (Byrne et Lim, 2007; Engels, Yarandi et Davis, 2009; Savoie et al., 2015; Wilkinson, Carter, Richmond, Blacker et Rayson, 2008; Yamasue, Hagiwara,

Tochikubo, Sugimoto et Kohno, 2012). Contrairement aux températures œsophagiennes ou gastro-intestinales qui peuvent être influencées artificiellement et physiologiquement par la prise de liquide, la température rectale est pour sa part seulement influencée physiologiquement. En effet, une étude menée par Lee et al. (2008) a démontré que la consommation d'eau froide à 4 °C permettait de diminuer la température rectale de façon plus importante comparativement à de l'eau à 37 °C. Plus récemment, une autre étude a démontré que la consommation de barbotine à -1 °C avait un effet plus important sur la diminution de la température rectale (0.66 ± 0.14 °C), comparativement à de l'eau froide à 4 °C (0.25 ± 0.09 °C) (Siegel et al., 2010). Le bénéfice associé à la consommation préexercice de barbotine et d'eau froide serait d'abaisser la température rectale afin d'être en mesure d'effectuer plus longtemps l'exercice avant d'atteindre un niveau élevé de température corporelle pouvant nuire à la performance (Siegel et al., 2010). Une étude effectuée par Montain et Coyle (1992) sur l'influence de la déshydratation a elle aussi démontré qu'une consommation de liquide durant l'exercice permettait de réduire l'ampleur de l'hyperthermie.

1.3.4. Exercice

L'utilisation d'une sonde rectale pour mesurer la température corporelle en situation d'exercice est très répandue au sein de la communauté scientifique. Autant en laboratoire que sur le terrain, la validité de la température rectale a été bien démontrée. La température rectale est un très bon indicateur de la température corporelle en situation où l'intensité de l'exercice devient constante (Armstrong et al., 2007; Eichna, Berger, Rader et Becker, 1951). Par contre, lorsqu'il y a des variations importantes au niveau de la température corporelle, on constate que la température rectale répond plus lentement au changement comparativement à la température gastro-intestinale ou œsophagienne (Gagnon, Lemire, Jay et Kenny, 2010; Gerbrandy, Snell et Cranston, 1954; Kolka, Quigley, Blanchard, Toyota et Stephenson, 1993). Une récente étude a démontré que le pic au niveau de la température œsophagienne était plus élevé d'environ 1 °C comparativement à la température rectale ou gastro-intestinale à la suite d'un exercice maximal (30 °C et 50 % humidité relative) (Teunissen, Haan, Koning et Daanen, 2012). Ces différences observées entre la température rectale et œsophagienne seraient dues au plus faible afflux sanguin au

niveau du rectum durant l'exercice dans des conditions chaudes, limitant ainsi le transfert de chaleur par convection, comparativement à près de 20 L/minute au niveau de l'œsophage dans les mêmes conditions (Gagnon, Lemire, Jay et Kenny, 2010). Aussi, rappelons-nous que la densité des tissus au niveau du rectum est plus importante qu'au niveau de l'œsophage (Gagnon, Lemire, Jay et Kenny, 2010). Ceci implique qu'au niveau du rectum, une plus grande quantité de chaleur est nécessaire pour percevoir une augmentation de la température corporelle à l'aide d'une sonde rectale (Gagnon, Lemire, Jay et Kenny, 2010). L'augmentation de la température corporelle lors d'un exercice serait associée à une production plus importante de chaleur liée à une augmentation métabolique surpassant la capacité de dispersion qui aurait tendance à s'adapter plus lentement (Sawka et Pandolf, 2001).

1.3.5. Immersion en eau froide

Le traitement par immersion en eau froide est très reconnu dans la communauté médicale et scientifique pour sa capacité à diminuer rapidement la température corporelle en situation de coup de chaleur (Casa et al., 2007; Hadad, Ray-Acha, Heled, Epstein et Moran, 2004; McDermott et al., 2009; Smith, 2005). L'utilisation d'une sonde rectale pour mesurer la température corporelle lors de l'immersion est très répandue afin de bien monitorer le traitement et réduire la possibilité d'hypothermie lors de l'intervention (Armstrong et al., 2007; Casa et al., 2007). Toutefois, la température rectale ne réagit pas aussi rapidement que la température œsophagienne lors d'un traitement par immersion en eau froide à cause du temps de réponse plus lent associé à la température rectale (Gagnon, Lemire, Jay et Kenny, 2010; Proulx, Ducharme et Kenny, 2006; Taylor, Caldwell, Van den Heuvel et Patterson, 2008). Donc, la température mesurée au niveau de l'œsophage aura tendance à être plus basse que celle mesurée au niveau du rectum à cause des différences entre les sites mentionnés précédemment (Moran et Mendal, 2002; Sawka et Pandolf, 2001). De plus, la littérature a démontré qu'à la suite d'un traitement d'immersion en eau froide, la température rectale et la température œsophagienne vont continuer à diminuer à cause du transfert de chaleur par conduction et convection des parties périphériques vers les parties centrales pouvant faire augmenter ainsi les risques d'hypothermies associés à l'intervention (Gagnon, Lemire, Casa et Kenny, 2010; Mittleman et Mekjavic, 1988; Romet, 1988). Des

études ont démontré qu'une immersion d'environ 10 à 15 minutes, dans de l'eau à environ 10°C, est nécessaire pour atteindre une diminution de 1.5°C au niveau rectal (Gagnon, Lemire, Jay et Kenny, 2010; Proulx, Ducharme et Kenny, 2003).

1.4. Mesure de la température rectale

1.4.1 Spécificité de la mesure de la température rectale

Généralement, en situation d'exercice, la température rectale est prise en continu à l'aide d'une sonde flexible (Annexe A) insérée à au moins 8 centimètres de l'extrémité du rectum (Houdas et Ring, 1982; Lee, Wakabayashi, Wijayanto et Tochiara, 2010; Lim, Byrne et Lee, 2008; Sermet-Gaudelus, Chadelat et Lenoir, 2005; Togawa, 1985). On retrouve sur le marché plusieurs types de sondes ayant des caractéristiques assez similaires. En effet, le diamètre de l'extrémité d'une sonde est généralement de 5 millimètres et la précision est de ± 0.1 °C lorsque la température est prise entre 32 et 42 °C (YSI Precision Temperature Group, USA). Ordinairement, les sondes sont réutilisables à la suite d'une stérilisation ou d'une désinfection de haut niveau et conçue pour durer. Finalement, afin de limiter les sorties de sonde, du ruban adhésif est habituellement utilisé pour retenir celle-ci en position. Par contre, au sein de notre laboratoire, nous utilisons désormais un harnais maison (Annexe B) pour retenir la sonde rectale puisque nous avons eu des soucis avec l'utilisation unique du ruban adhésif.

1.4.2. Limites techniques associées à l'utilisation de la sonde rectale

Précédemment, nous avons abordé les limitations physiologiques associées à l'utilisation d'une sonde rectale. En revanche, ces limitations n'étaient pas atténuées par l'utilisation téléométrique au niveau du rectum.

Maintenant, voyons les limitations techniques pouvant être atténuées en utilisant une sonde téléométrique au niveau du rectum.

- 1) La température rectale prise de façon traditionnelle est une technique encombrante à utiliser en dehors des conditions de laboratoire. En effet, les participants doivent être reliés à des câbles (Easton, Fudge et Pitsiladis, 2007). Néanmoins, l'utilisation

- d'une sonde téléométrique au niveau du rectum faciliterait l'utilisation en dehors des conditions de laboratoire, car seulement un récepteur sans fil est porté à la taille.
- 2) Les pertes de données associées aux déplacements de la sonde rectale peuvent nuire à la collecte de données (Jensen, Jensen, Madsen et Lossl, 2000; McKenzie et Osgood, 2004; Petersen et Hauge, 1997). En revanche, l'utilisation d'une sonde téléométrique au niveau du rectum limiterait les pertes de données associées à un déplacement ou même à une sortie de sonde, car l'emplacement de la sonde téléométrique risque d'être plus stable à l'intérieur du rectum du fait qu'elle n'est pas reliée à un câble et rappelons-nous que celui-ci peut entraîner la sonde vers l'extérieur durant l'expérimentation.
 - 3) Finalement, lorsqu'une sonde rectale est instrumentée dans une position précise (ex. debout), il peut s'avérer difficile pour le participant d'adopter une position différente par la suite (ex. prendre une position assise ou accroupie). En revanche, l'utilisation d'une sonde téléométrique au niveau du rectum permettrait au participant d'adopter aisément plusieurs positions sans aucune contrainte.

1.5. Sondes téléométriques destinées à mesurer la température corporelle

1.5.1. Manufacturiers

Il existe présentement quatre entreprises produisant des sondes téléométriques. Tout d'abord, la compagnie HQInc. produisant la sonde CorTemp^{MC}. La deuxième entreprise étant Philips, avec la sonde VitalSense^{MC}. Cette sonde ressemble grandement à celle produite par HQInc., mais son diamètre est plus petit. En 2016, BodyCap, a mis sur le marché la sonde e-Celsius^{MC}. Cette sonde a la particularité d'emmagasiner ses propres données. Finalement, la dernière sonde myTemp^{MC} est différente des autres du fait qu'elle n'a pas de batterie. Cela lui permettant donc d'avoir une durée de vie illimitée (Bongers, Daanen, Bogerd, Hopman et Eijsvogels, 2018). Pour cette présente étude, seulement les caractéristiques de la sonde CorTemp seront abordées, puisque c'est cette sonde que nous avons utilisée.

1.5.2. Composition de la sonde téléométrique

La sonde téléométrique CorTemp^{MC} a une longueur de 22.4 millimètres, un diamètre de 10.9 millimètres et un poids de 2.8 grammes (Bongers, Daanen, Bogerd, Hopman et Eijsvogels, 2018) (Annexe C). À l'intérieur de la sonde, on retrouve une batterie, un cristal de quartz, une bobine de communication et une carte de circuit électrique. Toutes ces composantes sont recouvertes d'une résine époxy de grade médical et ensuite enduites de silicone de grade médical (CorTemp HQ Inc., Palmetto, Florida, Usa). À l'aide d'un petit aimant, la sonde téléométrique peut être activée et désactivée à volonté.

1.5.3. Récepteur

Le récepteur CorTemp^{MC} (Annexe D) reçoit le signal venant de la sonde téléométrique et convertit celui-ci en température. La température peut être lue en temps réel, mais aussi être enregistrée à l'intérieur de l'appareil. En effet, l'appareil est en mesure d'enregistrer jusqu'à 25 000 données provenant de 99 sondes différentes. Le récepteur est alimenté à l'aide d'une batterie 9 volts. La durée de la batterie dépendra du niveau d'échantillonnage sélectionné pouvant varier de 10 secondes à plusieurs heures, selon les préférences d'utilisation. Le récepteur permet de prendre des mesures continues de la température corporelle, mais également des mesures manuelles et sporadiques. Le récepteur CorTemp^{MC} est léger (193 grammes) et petit (12 centimètres de longueur). Le récepteur est vendu avec une pochette protectrice permettant d'utiliser celui-ci au niveau de la taille (CorTemp HQ Inc., Palmetto, Florida, Usa).

1.5.4. Fonctionnement de la sonde téléométrique

Lorsque la sonde téléométrique est actionnée, le cristal à l'intérieur de celle-ci vibre à différentes fréquences selon la température mesurée. Le récepteur associé captera les transmissions à basse fréquence émise par la sonde. (Bongers, Hopman et Eijsvogels, 2015; CorTemp HQ Inc., Palmetto, Florida, Usa; Easton, Fudge et Pitsiladis, 2007)

1.5.5. Durée de la batterie

La batterie en oxyde d'argent à l'intérieur de la sonde est conçue pour durer plusieurs jours (CorTemp HQ Inc., Palmetto, Florida, Usa). Au sein de notre laboratoire, lors d'essais en bain-marie, nous avons testé la durée de la batterie d'une sonde lorsque celle-ci était ouverte et fermée à plusieurs reprises à l'aide d'un aimant. Nous sommes arrivés à la conclusion qu'une sonde pouvait enregistrer pour une durée de plus de 100 heures avec ce type de batterie lorsque celle-ci est ouverte et fermée à plusieurs reprises.

1.5.6. Distance de transmission du signal

La distance de transmission limite du signal entre la sonde et le récepteur serait de 65 centimètres (CorTemp HQ Inc., Palmetto, Florida, Usa). Le besoin de capter des signaux à une plus grande distance peut résulter en des pertes de données (Bongers, Hopman et Eijsvogels, 2015; Byrne et Lim, 2007). Par contre, au sein de notre laboratoire, nous avons constaté qu'une distance de transmission supérieure à 50 centimètres accentuait les pertes de données.

1.5.7. Interférence électromagnétique

Il a été démontré que la présence d'interférence électromagnétique lorsque la sonde télémétrique est utilisée peut mener à des pertes de données ou à des résultats aberrants (Byrne et Lim, 2007). Les interférences électromagnétiques peuvent venir des appareils à proximité et idéalement il serait important de minimiser leurs impacts (Byrne et Lim, 2007; CorTemp HQ Inc., Palmetto, Florida, Usa; Lee, Williams et Schneider, 2000). De plus, une récente étude recommande qu'une distance d'au moins 1.5 mètre entre les participants soit nécessaire pour limiter les interférences lorsque plusieurs sondes télémétriques sont utilisées (Bongers, Hopman et Eijsvogels, 2015).

1.5.8. Précision et calibration

La compagnie HQInc. calibre ses sondes dans des bains-marie afin qu'elles aient une précision de \pm de 0.1 °C (Easton, Fudge et Pitsiladis, 2007). Toutefois, avant d'utiliser les

sondes, il est fortement recommandé de vérifier la précision de celles-ci à l'aide d'un thermomètre calibré et de développer une ligne de régression provenant de plusieurs températures différentes (Byrne et Lim, 2007; Hunt, Bach, Borg, Costello et Stewart, 2017; Lee, Williams et Schneider, 2000). En effet, une étude a démontré qu'il est important de vérifier la précision des sondes à l'aide d'un thermomètre calibré, car les données enregistrées par les sondes peuvent être supérieures ou inférieures à celles mesurées sur le thermomètre de référence (Sparling, Snow et Millard-Stafford, 1993).

1.5.9. Coût de la sonde

Mesurer la température corporelle à l'aide d'une sonde télémétrique reste une méthode coûteuse du fait que la sonde ne peut être utilisée qu'à une seule reprise (CorTemp HQ Inc., Palmetto, Florida, Usa). Le coût approximatif d'une sonde est de 40 dollars américains (Bongers, Hopman et Eijsvogels, 2015).

1.6. Énoncé du problème et but de l'étude

Certains chercheurs ont utilisé la sonde télémétrique en suppositoire afin de mesurer la température rectale (Adams, Fox, Fry et MacDonald, 1975; Cheuvront et al., 2009; Ely, Cheuvront, Kenefick et Sawka, 2010; Keatinge et Neild, 1990; Kenefick, et al., 2009; Xu, Karis, Buller et Santee, 2013). En ce moment, il n'y a aucune étude qui a déterminé la validité de cette méthode. Le but de ce mémoire est de déterminer si des sondes télémétriques peuvent être utilisées pour mesurer la température rectale de façon valide 1) au repos à une température ambiante tempérée; 2) lors d'une augmentation lente et modérée de la température rectale; 3) lors d'une diminution lente et modérée de la température rectale; 4) lors d'une augmentation rapide et importante de la température rectale et; 5) lors d'une diminution rapide et importante de la température rectale.

1.7. Hypothèses de recherche

Une sonde télémétrique fournit des mesures valides de changements de température corporelle lorsque celle-ci est comparée à une sonde rectale conventionnelle dans ces

diverses conditions. Dans toutes les conditions, la différence de biais entre la sonde téléométrique et la sonde rectale est $< 0.27^{\circ}\text{C}$.

1.8. Retombées de l'étude

D'une manière pratique, ce travail permettra d'informer les professionnels de la santé, préparateurs sportifs et scientifiques quant à la possibilité d'utiliser la sonde téléométrique HQ CorTemp^{MC} afin de mesurer la température rectale. La validation de cette technique proposée pourra ouvrir de nouveaux horizons de recherches et faciliter la mesure de la température rectale.

2. MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

Puisque ce mémoire est par article, les sections méthodologie et résultats sont décrites dans l'article scientifique ci-joint intitulé « Continuous measurement of rectal temperatures: Validation of gastrointestinal telemetric probes against a conventional wired rectal probe ». Cet article, en ce moment, est à l'étape d'une première révision par les co-auteurs.

Continuous measurement of rectal temperatures: Validation of gastrointestinal telemetric probes against a conventional wired rectal probe

1. Jonathan Gosselin¹
2. Jeff Béliveau¹
3. Mathieu Hamel²
4. Douglas Casa³
5. Yuri Hosokawa⁴
6. José Morais⁵
7. Eric D.B. Goulet^{1,2}

¹Faculty of Physical Activity Sciences, University of Sherbrooke, Sherbrooke, P.Q., Canada; ²Research Centre on Aging, University of Sherbrooke, Sherbrooke, P.Q., Canada; ³University of Connecticut, Storrs, Connecticut, USA; ⁴Ritsumeikan University, Kyoto, Japan; ⁵Division of Geriatric Medicine, Faculty of Medicine, McGill University, Montréal, P.Q., Canada.

Running head: Comparison of wired and telemetric probes.

2.1. Abstract

Continuous measurement of rectal temperature (RT) using a wired rectal probe (WRP) comes with limitations; using a telemetric probe (TP) as a suppository to act as a rectal probe may circumvent some of those restrictions. This study validated the use of gastrointestinal TPs for the continuous measurement of RT under non-steady state conditions. Thirteen (10 men, 3 women) participants (31 ± 9 yrs) sequentially completed, while wearing a WRP (YSI 401) linked to a TP (CorTemp) a 1) 30 min sitting period (23°C); 2) 45 min sitting period inside a head-out chamber ($40\text{--}42^{\circ}\text{C}$); 3) 45 min sitting period (23°C) while ingesting, over the first 30 min, 7.5 g of ice slurry/kg body mass; 4) running exercise period (38°C) at $68\% \dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ until a 39.5°C WRP temperature and; 5) cold-water (10°C) immersion period until a 1.5°C WRP decrease in temperature. Acceptable agreement between probes was taken as a bias $\leq 0.27^{\circ}\text{C}$. Mean biases were $< 0.27^{\circ}\text{C}$ for the first 4 phases; for phase 5, this was the case only for $\text{RT} \geq 38.4^{\circ}\text{C}$. Among phases, intra-class correlation coefficients ranged from 0.82 to 0.95, and random errors from $\pm 0.22^{\circ}\text{C}$ to $\pm 0.41^{\circ}\text{C}$. Apart from rapid decreases in RT, gastrointestinal TPs used as suppositories appropriately track changes in RT under conditions where the mean of multiple TPs defines the outcome. However, the substantial random errors associated with the use of TPs as rectal probes suggest that this technique lacks the precision needed for individual use or clinical decision-making.

Key words: cold-water immersion, core body temperature, exercise, heat stress, telemetry, temperature measurement

2.2. Introduction

For exercise physiology research, the continuous measurement of core body temperature is fundamental to study and understand the regulation of thermoregulatory control during situations generating gains or losses of low, moderate or significant body heat (Lim et al. 2008; Taylor et al. 2014). The rectum is a valid, easily accessible and commonly used anatomical site for measuring core temperature under these situations.

Rectal temperature (RT) is typically measured using a wired probe connected to a non- or non-easily portable data recorder. The probe needs to be maintained at a desired depth within the rectum using either tape or a harness. Despite its widespread use, this technique is not without limitations. In fact, it can hardly be used outside laboratory conditions, or outside a confined space within a laboratory, let alone in an aquatic environment, at least under non-static conditions. Despite careful securing, slipping off of the probe outside the rectum is never totally preventable, which may contribute to invalidate or impede parts of an experiment. Prolonged sitting while wearing a wired rectal probe (WRP) may be uncomfortable for volunteers. Finally, such to maintain proper securing of the WRP, volunteers may need to limit their movement amplitude at the hip level, which sometimes may limit research possibilities.

A telemetric probe could solve most if not all technical limitations associated with measuring RT with a wired probe. The idea of using a telemetry-related technique to assess RT is not new (Adams et al. 1975; Byrne and Lim 2007; Cheuvront et al. 2009; Ely et al. 2010; Kenefick et al. 2009; Xu et al. 2013). However, whether this measurement technique is valid has never been determined, let alone under conditions where thermal stress is manipulated to induce both gains or decreases in core body temperature.

The purpose of this study was to compare measurements of RT deriving from a commercially-available telemetric probe (TP) to those of a conventional WRP during slow and rapid increases and decreases in core temperature induced by periods of passive cooling, passive heating, active heating and active cooling. We hypothesized that the wired and telemetric probe would provide similar temperatures under the different conditions.

2.3. Methods

Subjects

Thirteen (10 males and 3 females) healthy and physically active volunteers (31 ± 9 yrs; 174 ± 9 cm; 72 ± 10 kg; body mass index: 23.8 ± 3.4 m²; body surface area (BSA): 1.86 ± 0.16 m²; ratio BSA to body mass: 261 ± 21 cm²/kg; maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2\max}$): 53 ± 7 mL/kg body mass/min) participated in this study. Prior to obtaining their informed written consent, each participant was fully explained the study protocol and its associated risks and benefits. The University of Sherbrooke Institutional Review Board approved all procedures.

Overview of the study

Following a preliminary visit where baseline measurements were taken, volunteers underwent a research protocol during which continuous and simultaneous measurements of RT with a wired and telemetric probe were made during conditions eliciting slow and modest increases (passive sitting under hot ambient temperatures) and decreases (passive sitting under temperate temperatures and ice slurry ingestion) in RTs and rapid and significant increases (running exercise in hot ambient temperatures) and decreases (cold-water immersion) in RTs.

Preliminary visit

During the preliminary visit, volunteers underwent measurements of body mass, height, resting heart rate, blood pressure and $\dot{V}O_{2\max}$. Nude, post-void body mass was measured with a high precision digital scale (Bx-300+, Atron Systems, USA), height with a wall stadiometer and heart rate and blood pressure after a 3-min seated period with a digital sphygmomanometer (Welch Allyn 420 series, USA). Maximal oxygen uptake was measured on a motorized treadmill (TMX 22, Trackmaster, USA) using an expired gas analysis system (Cosmed Quark CPET, Cosmed, Italy) that had been calibrated with gases of known concentration. After volunteers had warmed-up for 5 min while running at 6 km/h and 1 % gradient, treadmill speed then increased to 8 km/h with further speed increments of 1 km/h every minute until volitional exhaustion of volunteers. Using the linear relationship between running speed and $\dot{V}O_2$, individual running speeds corresponding to 68% of $\dot{V}O_{2\max}$ was established for the running intervention phase.

Pre-experimental protocol

Volunteers were asked to report to the laboratory in a well-fed and rested state. Additionally, they were required to drink 250 mL of tap water 60 min prior to arriving at the laboratory and then to remain fast.

Experimental protocol

Upon arrival at the laboratory, volunteers voided their bladder, provided a urine sample for urine specific gravity assessment and their nude body mass was determined (Bx-300+, Atron Systems, USA). They then put on their running gears and were instrumented with a chest electrode, a WRP linked to a TP by a custom-made silicon connector (Annex E) and four epidermal probes affixed above the left pectoral muscle, left forearm, left thigh and left calf muscle.

Then, the volunteers underwent the research protocol, which consisted of five phases that were performed sequentially over time: 1) a 30 min sitting period; 2) a 45 min sitting period inside a 115 x 65 x 80 cm head-out, infrared-heated portable environmental chamber (ProHealth Sauna, CAN) ($40-42^{\circ}\text{C}$ and $\sim 40\%$ RH); 3) a 45 min sitting period while ingesting, over the first 30 min, 2.5 g of ice slurry (-1°C)/kg body mass every 10 min (total of 7.5 g of ice slurry/kg body mass); 4) a running exercise period with no forced convection inside an environmental chamber ($37.8 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$, $25.5 \pm 4.2\%$ RH) at $68\% \dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ until a WRP temperature of 39.5°C and; 5) a cold-water ($10.0 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$) immersion period inside a 135 cm x 78 cm x 64 cm, 379-L circulating water bath (Rubbermaid, USA) until a WRP decrease in temperature of 1.5°C .

The first three phases of the experimental protocol were completed in a room with a dry bulb temperature of $22.9 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ and RH of $36.9 \pm 7.9\%$. Transition times were not standardized between phases or individuals, but were performed as rapidly as possible. Systolic and diastolic blood pressure were assessed during the seated heat exposition period. Perception of nausea and dizziness were measured during the periods of seated heat exposition and exercise.

Other than ingesting ice slurry and having access to cold water ($\sim 4^{\circ}\text{C}$) during the running exercise that they could pour on their body or rinse their mouth with, volunteers were not allowed to consume fluids during the experiment. Prior to entering the bath, volunteers

removed the data recorder, their socks and their running shoes, but were free to remove or keep their T-shirts on. Volunteers were asked to immerse themselves up to the neck and keep all other body parts under water for the entire duration of the immersion period.

Upon completion of the cold-water immersion period, volunteers moved out of the bath and were rapidly transferred inside an environmental chamber maintained at 45°C and 20% RH where they remained seated until WRP had returned to baseline value or they felt sufficiently warmed up. During or following this waiting period, volunteers removed the wired and telemetric probe, skin probes, chest electrode and clothes, after which they voided their bladder and a final nude body mass was taken.

Measurements and Procedures

Heart rate and blood pressure

Heart rate was measured with a T-31 Polar electrode linked to a Vantage NV Polar heart rate monitor (Polar USA, USA) and blood pressure at the left arm with a digital sphygmomanometer (Welch Allyn 420 series, USA). Heart rate was measured every 15-sec throughout the experiment and blood pressure every 5 min during the seated heat exposition period.

Rectal temperatures

Wired RT was measured with a calibrated YSI 401 probe (Yellow Springs Instrument, USA) inserted 15 cm beyond the anal sphincter. The probe was securely held in place with the aid of a lightweight harness. The telemetric-associated RT was measured with a pill (CorTemp HQ Inc., USA) usually used to measure gastrointestinal temperature. Wired and telemetric RTs were measured continuously every 10 sec. The WRP was connected to a high precision digital thermometer (Traceable 4005, Control Company, USA). Signals emitted by the TPs were captured with a single CorTemp Data Recorder (HQ Inc, Palmetto, FL) securely held in place at the volunteers' lower back and base of the gluteal muscles. The wired and telemetric probe were linked together with a medical-grade silicone connector designed and developed by our laboratory. The tip of the WRP was slid ~1 cm into the connector until it reached two holes made on each side of the connector, which allowed the tip to be exposed to ambient conditions. The TP was also slid ~1 cm inside the connector until it touched the tip of the WRP. The connectors were designed such that the temperature sensing crystals of the TPs, which are centrally located, were exposed to

ambient conditions. Pilot studies performed in a water bath showed that the connector was not impacting the validity of the temperatures provided by both probes.

Prior to the start of the experiment, the WRP and each of the 13 TPs were calibrated against a high precision, partial immersion, non-mercury glass thermometer (Thermo Scientific Ertco, USA) in a water bath (Precision 281, Thermo Scientific, USA) at 4 different temperatures: 37, 38, 39 and 40°C. Telemetric probe temperatures were then predicted using a 4-point regression line constructed for each of them (Challis and Kolb 2010).

Skin temperature

Skin temperature was measured every 5 min throughout the experiment with YSI 409 B (Yellow Springs Instrument, USA) probes held in place with Transpore tape (3 M, USA). The skin probes were connected to a switch box linked to a high precision digital thermometer (Traceable 4005, Control Company, USA). Mean skin (Ramanathan 1964) and body (Grucza et al. 1987) temperatures were computed using the following equations:

Mean skin temperature = $(0.3 \times T_{\text{pectoral}}) + (0.3 \times T_{\text{arm}}) + (0.2 \times T_{\text{thigh}}) + (0.2 \times T_{\text{calf}})$;

Mean body temperature = $(0.8 \times T_{\text{rectal}}) + (0.2 \times T_{\text{skin}})$,

where T is temperature in °C.

Hydration variables

Urine specific gravity was assessed with a digital refractometer (PAL-10S, Atago, USA). Sweat loss was estimated using the change in body mass from the pre-to post-experiment period, corrected for ice slurry intake and urine losses. Percent body mass loss was calculated using the following formula:

$$\% \text{ body mass loss: } \frac{\text{Pre-experiment body mass} - \text{post-experiment body mass}}{\text{Pre-experiment body mass}} \times 100$$

Subjective perceptions

Perception of nausea (5-point scale, 1: none; 5: extreme,) and dizziness (5-point scale, 1: none; 5: extreme) were measured every 5 min during the periods of seated heat exposition and running exercise (Gigou et al. 2012).

Ice slurry

Cubes of ice were first shaved with a commercially available instrument (Hamilton Beach, USA). The ice flakes were then mixed with water (4°C) in a 64:36% ice-to-water ratio to create ice slurry. For palatability and provision of energy, orange or raspberry glucose-

fructose syrup (~22 g) was added to the ice slurry. The ice slurry was then transferred to a beaker which was immersed in an ice-filled cooler placed in the lower back of a refrigerator maintained at 2-4°C.

Statistical analysis

Normality of data distribution was tested with the Shapiro-Wilk test. Whether the overall bias between measurement techniques was systematic or not was determined with a dependent t-test. Acceptable agreement between each measurement techniques was taken as a systematic bias < 0.27°C (Casa et al. 2007). A one-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) or Friedman analysis was utilized to determine the significance of the changes in heart rate, mean skin temperature and subjective perceptions across time among the different phases. Linear mixed-effects modeling was used to analyze data with missing cases (e.g., urine specific gravity). Relative validity was assessed with the Pearson product-moment correlation coefficient (r) and intraclass correlation coefficient (ICC). Absolute validity (random error measurements statistics) was determined with the computation of the typical error of measurement (TEM), coefficient of variation (CV) and the Bland-Altman 95% limits of agreement (LoA). Appropriate interpretation of the LoA is dependent upon the relationship between measured values and distribution of errors. Hence, we tested for data heteroscedasticity using a linear regression model. For all 5 phases, a statistically significant relationship was observed between the magnitude of the changes in RT and bias between devices. No corrections were made for phases 1 to 4 given that this relationship explained less than 2.5% of the variability between biases and that the changes in biases did not cross the $\pm 0.27^\circ\text{C}$ threshold. For phase 5, however, 22% of the variability among biases was related to the magnitude of changes in RT and the changes in biases crossed the $\pm 0.27^\circ\text{C}$ threshold at some point. Log transformation of data did not improve the outcome. Therefore, for phase 5, data were analyzed using a regression approach for nonuniform differences, as recommended by Bland and Altman (1999). Because exercise and cold-water immersion times varied between individuals, results for those phases are reported based on a percentage of maximal time. Statistics were performed with the 2016 Microsoft Office Excel (Microsoft, USA) and IBM SPSS Statistics (version 21, USA) softwares. Results were considered significant at $p < 0.05$. Otherwise stated, data are reported as means \pm SD.

2.4. Results

Temperature and relative humidity

Laboratory temperature and relative humidity inside the laboratory were respectively of $22.9 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ and $36.9 \pm 7.9\%$, $40\text{--}42^{\circ}\text{C}$ and 40% inside the infrared-heated portable environmental chamber and $37.8 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ and $25.5 \pm 4.2\%$ within the environmental chamber. Water temperature at the beginning of the cold-water immersion period was $10.0 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$. It increased by $1.5 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ while participants were immersed to reach $11.5 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ by the end of immersion ($p < 0.01$).

Fluid balance

Subjects were adequately hydrated before the start of the experiment, as supported by a urine specific gravity of 1.013 ± 0.009 g/mL and an associated urine color of 3.7 ± 2.5 AU. At the end of the experiment, urine specific gravity increased to 1.017 ± 0.01 g/mL ($p < 0.01$) and urine color to 5.1 ± 1.2 AU ($p < 0.01$). Mean ice slurry intake of participants was 541 ± 81 g. Urine production during the experiment reached 322 ± 231 mL. Total sweat loss, sweat rate and dehydration level measured at the end of the experiment were of the order of 1176 ± 513 mL, 362 ± 150 mL/h and $1.3 \pm 0.4\%$ of body mass, respectively.

Heart rate and exercise intensity

Figure 1a depicts the changes in heart rate across time for all five phases. Average heart rate during the baseline, passive heating and ice slurry ingestion phases was relatively stable and similar across time with respectively 69 ± 10 bpm, 75 ± 10 bpm and 67 ± 9 bpm. Statistically wise, a time effect was observed for heart rate during phases 2 and 3 (both < 0.01), but no during phase 1 ($p = 0.52$). During the running phase, where the average treadmill speed was set at 10.3 ± 1.4 km/h (range: 7.8 to 12.5 km/h), and heart rate increased over time ($p < 0.01$), participants maintained an average heart rate of 161 ± 19 bpm ($87 \pm 6\%$ of maximal heart rate). By the end of exercise, heart rate reached 175 ± 14 bpm ($95 \pm 6\%$ of maximal heart rate). Following exercise, heart rate dropped sharply and rapidly during the transition period and reached 101 ± 15 bpm immediately prior to the cold-water immersion period. Following entry into the bath, heart rate continued to slowly decrease and reached a final value of 86 ± 17 bpm ($p < 0.01$). During immersion, heart rate was maintained at an average of 93 ± 15 bpm.

Mean skin and body temperature

Figure 1b illustrates the changes in mean skin temperature across time for all five phases. During phases 1 and 3 of the experiment, where volunteers were passively seated and exposed to laboratory ambient temperature, mean skin temperature was relatively similar between conditions with values of 32 ± 1 °C and 33.2 ± 0.7 °C, respectively. Independent of whether heat stress was induced passively or actively, the pattern of changes in mean skin temperature during phases 2 and 4 was similar with average values of 37.0 ± 1.1 °C and 36.0 ± 1.1 °C, respectively. The most significant change in mean skin temperature across a single phase occurred during the immersion period. In fact, from the pre- to post-cold-water immersion period mean skin temperature (34.7 ± 1.4 °C vs. 14.5 ± 1.2 °C) decreased by 20.2 ± 1.2 °C ($p < 0.01$). Mean skin temperature during this final phase was maintained at 14.9 ± 1.3 °C. With the exception of phase 1 ($p = 0.59$), a significant time effect was observed for the changes in mean skin temperature across time. With regards to mean body temperature, a significant time (all $p < 0.01$) effect was observed across all 5 phases with, as expected, a decline in mean body temperature during phase 1, 3 and 5, and the opposite occurring during phases 2 and 4.

Subjective perceptions

Perception of nausea and dizziness did not change from 1 over time either during the passive heat exposure or exercise periods.

Wired rectal probe and telemetric probe temperatures

Figure 2a (phases 1 to 3) and 2b (phases 4 and 5) depict the changes in WRP and TP temperatures across time during the experiment. Table 1 reports the relative and absolute validity data associated with the comparisons between WRP and TP temperatures. Across all phases WRP temperatures were greater than TP temperatures. Mean biases ranged from 0.14 to 0.24°C and TEMs from ± 0.11 to 0.17°C among the first 4 phases. Therefore, in none of those phases was the mean bias or TEM between devices greater than the delimitation criterion for validity of ≤ 0.27 °C. All biases ($p < 0.01$) among the first 4 phases were observed to be systematic. The relationship between biases and changes in RT during the cold-water immersion phase showed heteroscedasticity. As such, biases were found to vary according to the changes in RT. Table 1 shows the mean biases for fixed RTs of 38,

38.75 and 39.75°C during the cold-water immersion period. It can be observed that as RT increases, mean biases between devices decreases.

Global bias, which was also found to be systematic ($p < 0.01$), and TEM were below the delimitation criteria, with values of 0.19°C and $\pm 0.16^\circ\text{C}$, respectively. As such, the global CV between devices was low with a value of $\pm 0.43\%$. Pearson product-moment correlation coefficients and ICCs show that for all 5 phases temperature data between WRP and TP were highly correlated, with global values of 0.96 in both cases.

During the exercise and cold-water immersion phase of the intervention, WRP and TP temperatures respectively increased and decreased as a fraction of percentage of time. The average exercise time to reach the WRP temperature criterion of 39.5°C was 35.1 ± 8.7 min, whereas, on average, volunteers needed an immersion time of min of 22.9 ± 15.9 min to decrease WRP temperature by 1.5°C. The time to reach a 1°C increase in RT during exercise was respectively of 1161.5 ± 124.8 sec and 1108.5 ± 215.9 sec for TP and WRP ($p = 0.40$). On the other hand, the time to reach a 1°C decrease in RT during the cold-water immersion period was respectively of 586.7 ± 394.0 sec and 688.3 ± 571.8 sec for TP and WRP ($p = 0.27$). The rate of change in RTs across all phases were similar between devices (TP vs. WRP) with values of respectively $-0.007 \pm 0.003^\circ\text{C}/\text{min}$ and $-0.007 \pm 0.006^\circ\text{C}/\text{min}$ ($p = 0.70$), $0.003 \pm 0.004^\circ\text{C}/\text{min}$ and $0.003 \pm 0.005^\circ\text{C}/\text{min}$ ($p = 0.70$), $-0.011 \pm 0.002^\circ\text{C}/\text{min}$ and $-0.011 \pm 0.004^\circ\text{C}/\text{min}$ ($p = 0.73$), $0.055 \pm 0.007^\circ\text{C}/\text{min}$ and $0.058 \pm 0.009^\circ\text{C}/\text{min}$ ($p = 0.11$) and $-0.093 \pm 0.047^\circ\text{C}/\text{min}$ and $-0.097 \pm 0.067^\circ\text{C}/\text{min}$ ($p = 0.51$) for phases 1, 2, 3, 4 and 5.

Figure 3 illustrates the 95% LoAs for each of the 5 phases. The LoAs were relatively similar over the first 4 phases, ranging from ± 0.22 to $\pm 0.34^\circ\text{C}$, and 95% of the results obtained with the TP ranged from + 0.48 to - 0.15°C (phase 1), + 0.40 to - 0.04°C (phase 2), + 0.39 to - 0.11°C (phase 3) and + 0.58 to -0.10 °C (phase 4) of the values obtained with the TP. On the other hand, the complicated nature of the relationship between biases and the magnitude of changes in RT indicates that for phase 5, 95% of the results obtained with the WRP ranged from + 0.82 to -0.01 °C at a mean RT of 37.75 °C and + 0.39 to - 0.42 °C at a mean RT of 39.75 °C, in comparison to the values provided by the TP.

2.5. Discussion

The objective of this study was to compare measurements of RT deriving from a commercially-available TP, i.e., CorTemp HQ, to those of a conventional WRP, i.e., YSI 401, during slow and rapid increases and decreases in core temperature induced by periods of passive cooling and heating and active heating and cooling. To our knowledge, this is the first study to look at the validity of a TP used as a suppository to act as a rectal probe. Based on results of repeated pilot studies performed in a water bath under conditions simulating those of the current study, it was hypothesized that the TP and WRP would provide similar RT under all conditions studied. Based on *a priori* established acceptable level of agreement between the two devices set at $\leq 0.27^{\circ}\text{C}$ (Casa et al. 2007), our results suggest that mean values of RT deriving from TPs and a conventional WRP could interchangeably be used under all conditions we looked at, with the exception of the cold-water immersion period where the mean bias changed inversely with the mean RT and, therefore, exceeded the threshold beyond a given RT. Nevertheless, as evidently depicted in the Bland and Altman plots, there were wide variations in RT between devices among individuals. This observation suggests that the use of TP is unlikely to provide reliable observations of RT on an individual basis when used either for research or clinical purposes. Results from the current study shed the basis for the use of a new and novel technique for measuring RT from a commercially-available TP inserted into the rectum as a suppository.

More particularly, our results indicate that the use of a TP as a suppository to measure RT provide reliable mean measures of RT under resting conditions in a thermoneutral climate, resting heat exposure with trivial increases in RT, ice-slurry ingestion under resting conditions causing moderate decreases in RT and running exercise in hot conditions associated with rapid increases in RT. In fact, under these conditions, mean biases were all $\leq 0.27^{\circ}\text{C}$ and relatively stable across a spectrum of RTs varying from $\sim 37.0^{\circ}\text{C}$ to 39.75°C . Moreover, those biases were all found to be systematic, thereby indicating that applying a fixed correction proportional to the magnitude of the bias will improve TP's precision. Partly in accordance with those findings is the fact that during the cold-water immersion period, whose goal was to verify the reliability of the TP to capture rapid decreases in RT,

agreement between devices was only reliable with RTs ranging from 38.4°C to 39.75°C. In fact, below a RT of 38.4°C, mean bias between the TP and WRP exceeded the 0.27°C threshold. This can be explained by the non-uniform distribution of the mean bias between devices across the range of RTs measured, and is illustrated in the Bland and Altman plot where the 95% LoA at a mean RT of 39.75°C was -0.42 to 0.39°C, compared to -0.05 to 0.77°C at a mean RT of 38°C. The non-homogeneous distribution of the measurement error between devices can be mostly attributed to the faster rate of decline in RT with the TP observed in two individuals during the cold-water immersion period. In fact, careful analysis of their data reveals that the rate of decline in RT with the TP was 51% faster than with the WRP, compared to 9% for the remaining participants for which the decline in RT was faster with the TP. Also in line with that observation is the fact that during the exercise intervention, the combined rate of increase in RT with those two TPs was 7% faster than with the WRP, compared to - 6% for the remaining TPs. It is unclear why the capacity of those two TPs to gain or lose energy differed from the remaining TPs. One possibility is that the amount of insulation covering the temperature sensors of those two TPs was of a lesser magnitude than the other TPs. Another possibility is that feces entered the holes placed on each side of the connectors and slowed the capacity of the WRP to exchange heat with the surrounding tissues. It is unlikely that a difference in tissue temperature at the level of the TPs and WRP played a role, as Lee et al. (2010) showed that a depth of 13 to 19 cm passed the anal sphincter tissue temperature is similar.

In an unpublished pilot study (n=3), Kenefick et al. (2009) previously examined the possibility of a TP to act as a rectal probe. They simultaneously compared RTs obtained from a TP (VitalSense Jonah Ingestible Capsule) to a conventional WRP (unknown probe and manufacturer) during 25 min of cycle ergometry exercise (125 W, 40°C and 20% RH), which induced a change in RT of ~0.5°C. Measurements were collected every 5 min during exercise and a mean bias of $0.05 \pm 0.03^\circ\text{C}$, with measurement errors ranging from 0.02 to 0.15°C, were observed between devices. Despite the collection of only 15-time points, within a range of change in RT of ~0.5°C, it is impressive that an error as large as 0.15°C could be observed between devices. This highlights the fact that TP and WRP should not be expected to provide similar values of RT, despite them being inserted and positioned within the same cavity. Differences in the type of probes compared, data collection

frequency, number of participants tested, insertion depth of the probes, linkage of the TP and WRP, probes calibration protocol, exercise duration and experimental conditions under which the probes were tested may explain, at least partly, the disagreement in bias observed between our and their study. It should be taken into account, however, that our global bias was within the sum of the measurement error reported by the manufacturer of the WRP (0.1°C) and TP (0.1°C) used in the current study.

Despite that throughout the five phases RT was observed to be systematically higher with the WRP than with the TP ($p < 0.001$), the mean rate of change in RT, however, was shown not to significantly differ between devices in all five conditions studied. During exercise, for example, mean rates of increase in RT of $0.055 \pm 0.007^\circ\text{C}/\text{min}$ and $0.058 \pm 0.009^\circ\text{C}/\text{min}$ were observed for the TP and WRP, respectively. These figures indicate that the different probes would reach an increase in RT of 1°C within a time difference of less than 60 sec, which is acceptable from a clinical standpoint given that the measurement error of those probes is 0.1°C . Proulx et al. (2003) have observed a similar rate of increase in RT measured with a WRP during running exercise at 40°C and $65\% \dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$. During cold-water immersion, mean rates of decrease in RT were of the order of $0.0927 \pm 0.047^\circ\text{C}/\text{min}$ for the TP and of $0.097 \pm 0.067^\circ\text{C}/\text{min}$ for the WRP. These rates of change in RT were either similar, lower or higher than what has been found by others with whole body or up to the sternum/clavicles immersion level in 10 to 15°C water (Zhang et al. 2015). Disparity between findings could be related to water temperature, gender, speed of water circulation inside the bath, immersion level, pre-immersion RT, clothing worn and subjects' anthropometry. Altogether, our results show that TPs are able to capture slow and rapid increases and decreases in RT within a context of experimental research where the outcome derives from the mean of several devices.

As clearly depicted in the Bland and Altman plots, the magnitude of variation in biases between individuals among all phases suggests that RT deriving from a single TP used in a single individual should be interpreted with caution. In fact, combination of the mean global bias and mean global LoA indicates that 95% of the time RT measured with a single TP should be within -0.13 to $+0.51^\circ\text{C}$ of the RT measured with a WRP. This random error interval, as well as those associated with each of the five phases, exceed in one direction or the other the acceptable level of agreement between the two devices set at $\leq 0.27^\circ\text{C}$.

Alarming differences in RT measured with the different devices were noted in some individuals. In one individual during exercise, for example, while WRP-associated RT was 39.5°C, that of the TP was associated with a RT of 38.8°C. In this instance, the TP may have been unable to prevent heat exhaustion or worst, heat stroke. Moreover, in two individuals during the cold-water immersion period, the WRP provided a RT of 38.8°C, compared to 38°C for the RT associated with the TP. Accordingly, had the TP been used in the treatment of heat stroke to determine the critical RT for cold-water immersion removal, these individuals would have potentially not received the optimal care. Altogether, our findings suggest that TPs should be used with caution on an individual basis or for clinical purposes, although we acknowledge that some other devices used for the assessment of body temperature have been shown to produce worst biases than TPs (Casa et al. 2007; Ganio et al. 2009).

Results of this study must be interpreted with those limitations in mind. First, the TP and WRP were linked together with a medical-grade silicone connector which, potentially, may have contributed to the measurement errors between devices. However, pilot studies conducted in a water bath revealed that the connector did not contaminate temperature measurements deriving from both probes. Second, TPs' effectiveness was not assessed during steady-state exercise conditions. Nonetheless, we have no reason to believe that under this specific condition bias between devices should be worst than that observed during the non-steady state exercise condition. Finally, our results apply only to the use of the HQ CorTemp TP and cannot be generalised to other TP commercially available.

In summary, with the exception of the cold-water immersion period for $RT \leq 38.4^{\circ}\text{C}$, under all conditions mean biases were below the criterion threshold of 0.27°C for acceptable difference between devices. Hence, apart from rapid decreases in RT, the use of TPs as suppositories to act as a rectal probe appropriately track changes in RT under research conditions where results of interest derive from the mean of multiple TPs. However, the relatively large LoAs, especially for exercise and cold-water water immersion, suggest that TPs use as rectal probes would not be adequate for individual use or clinical decision-making.

Conflict of interest statement

The authors report no conflicts of interest associated with this manuscript.

Acknowledgement

The authors thank all subjects who participated in this study as well as Julien Pinsonneault and Emile Lavoie Lebel for their technical support. This study was made possible through a research grant provided by the Université de Sherbrooke.

2.6. References

- Adams, W.C., Fox, R.H., Fry, A.J., and MacDonald, I.C. 1975. Thermoregulation during marathon running in cool, moderate, and hot environments. *J Appl Physiol.* **38**(6): 1030-1037.
- Bland, J.M. and Altman, D.G. 1999. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res.* **8**(2): 135-160.
- Byrne, C. and Lim, C.L. 2007. The ingestible telemetric body core temperature sensor: a review of validity and exercise applications. *Br J Sports Med.* **41**(3): 126-133.
- Casa, D.J., Becker, S.M., Ganio, M.S., Brown, C.M., Yeargin, S.W., Roti, M.W., Siegler, J., Blowers, J.A., Glaviano, N.R., Huggins, R.A., Armstrong, L.E., and Maresh, C.M. 2007. Validity of devices that assess body temperature during outdoor exercise in the heat. *J Athl Train.* **42**(3): 333-342.
- Challis, G.G. and Kolb, J.C. 2010. Agreement between an ingestible telemetric sensor system and a mercury thermometer before and after linear regression correction. *Clin J Sport Med.* **20**(1): 53-57.
- Cheuvront, S.N., Ely, B.R., Kenefick, R.W., Michniak-Kohn, B.B., Rood, J.C., and Sawka, M.N. 2009. No effect of nutritional adenosine receptor antagonists on exercise performance in the heat. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* **296**(2): R394-401.
- Ely, B.R., Cheuvront, S.N., Kenefick, R.W., and Sawka, M.N. 2010. Aerobic performance is degraded, despite modest hyperthermia, in hot environments. *Med Sci Sports Exerc.* **42**(1): 135-141.

- Ganio, M.S., Brown, C.M., Casa, D.J., Becker, S.M., Yeargin, S.W., McDermott, B.P., Boots, L.M., Boyd, P.W., Armstrong, L.E., and Maresh, C.M. 2009. Validity and reliability of devices that assess body temperature during indoor exercise in the heat. *J Athl Train.* **44**(2): 124-135.
- Gigou, P.Y., Dion, T., Asselin, A., Berrigan, F., and Goulet, E.D. 2012. Pre-exercise hyperhydration-induced bodyweight gain does not alter prolonged treadmill running time-trial performance in warm ambient conditions. *Nutrients.* **4**(8): 949-966.
- Grucza, R., Szczypaczewska, M., and Kozlowski, S. 1987. Thermoregulation in hyperhydrated men during physical exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* **56**(5): 603-607.
- Kenefick, R.W., Ely, B.R., Cheuvront, S.N., Palombo, L.J., Goodman, D.A., and Sawka, M.N. 2009. Prior heat stress: effect on subsequent 15-min time trial performance in the heat. *Med Sci Sports Exerc.* **41**(6): 1311-1316.
- Lee, J.Y., Wakabayashi, H., Wijayanto, T., and Tochihara, Y. 2010. Differences in rectal temperatures measured at depths of 4-19 cm from the anal sphincter during exercise and rest. *Eur J Appl Physiol.* **109**(1): 73-80.
- Lim, C.L., Byrne, C., and Lee, J.K. 2008. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Ann Acad Med Singapore.* **37**(4): 347-353.
- Proulx, C.I., Ducharme, M.B., and Kenny, G.P. 2003. Effect of water temperature on cooling efficiency during hyperthermia in humans. *J Appl Physiol (1985).* **94**(4): 1317-1323.

- Ramanathan, N.L. 1964. A new weighting system for mean surface temperature of the human body. *J Appl Physiol.* **19**(3): 531-533.
- Taylor, N.A., Tipton, M.J., and Kenny, G.P. 2014. Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. *J Therm Biol.* **46**: 72-101.
- Xu, X., Karis, A.J., Buller, M.J., and Santee, W.R. 2013. Relationship between core temperature, skin temperature, and heat flux during exercise in heat. *Eur J Appl Physiol.* **113**(9): 2381-2389.
- Zhang, Y., Davis, J.K., Casa, D.J., and Bishop, P.A. 2015. Optimizing Cold Water Immersion for Exercise-Induced Hyperthermia: A Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* **47**(11): 2464-2472.

2.7. Table

Table 1. Comparisons between wired rectal probe (WRP) and telemetric probe (TP).

Periods		Bias (°C)	TEM (°C)	LoA (°C)	CV (%)	ICC	r
Rest		0.16	± 0.16	± 0.31	± 0.43	0.82	0.83
Passive heating		0.18	± 0.11	± 0.22	± 0.30	0.85	0.91
Ice slurry ingestion		0.14	± 0.13	± 0.25	± 0.34	0.92	0.93
Exercise		0.24	± 0.17	± 0.34	± 0.46	0.95	0.97
Immersion	38 °C	0.36		± 0.41 (-0.05 to 0.77)			
	38.75 °C	0.20	± 0.23	± 0.41 (-0.21 to 0.61)	± 0.61	0.89	0.92
	39.75 °C	-0.02		± 0.41 (-0.42 to 0.39)			
Mean		0.19	± 0.16	± 0.32	± 0.43	0.96	0.96

Bias: WRP-TP; TEM: Typical error of measurement; LoA: 95% limits of agreement; CV: Coefficient of variation; ICC: Intraclass correlation coefficient; r: Pearson product-moment correlation coefficient.

2.8. Figure legends

Figure 1.

Changes in heart rate (a) and skin temperature (b) across time for all five intervention phases. **CWI**: cold-water immersion.

Figure 2.

Changes in rectal temperature with the use of WRP and TP during rest, passive heating and ice slurry ingestion (a) and exercise and cold-water immersion (b) across time during the experiment.

Figure 3.

Mean biases and 95% limits of agreement between the wired rectal probe and telemetric probe during rest (a), passive heating (b), ice slurry ingestion (c), exercise (d) and cold-water immersion (e). **SD**: Standard deviation. **SEE**: Standard error of estimate.

2.9. Figures

Figure 1.

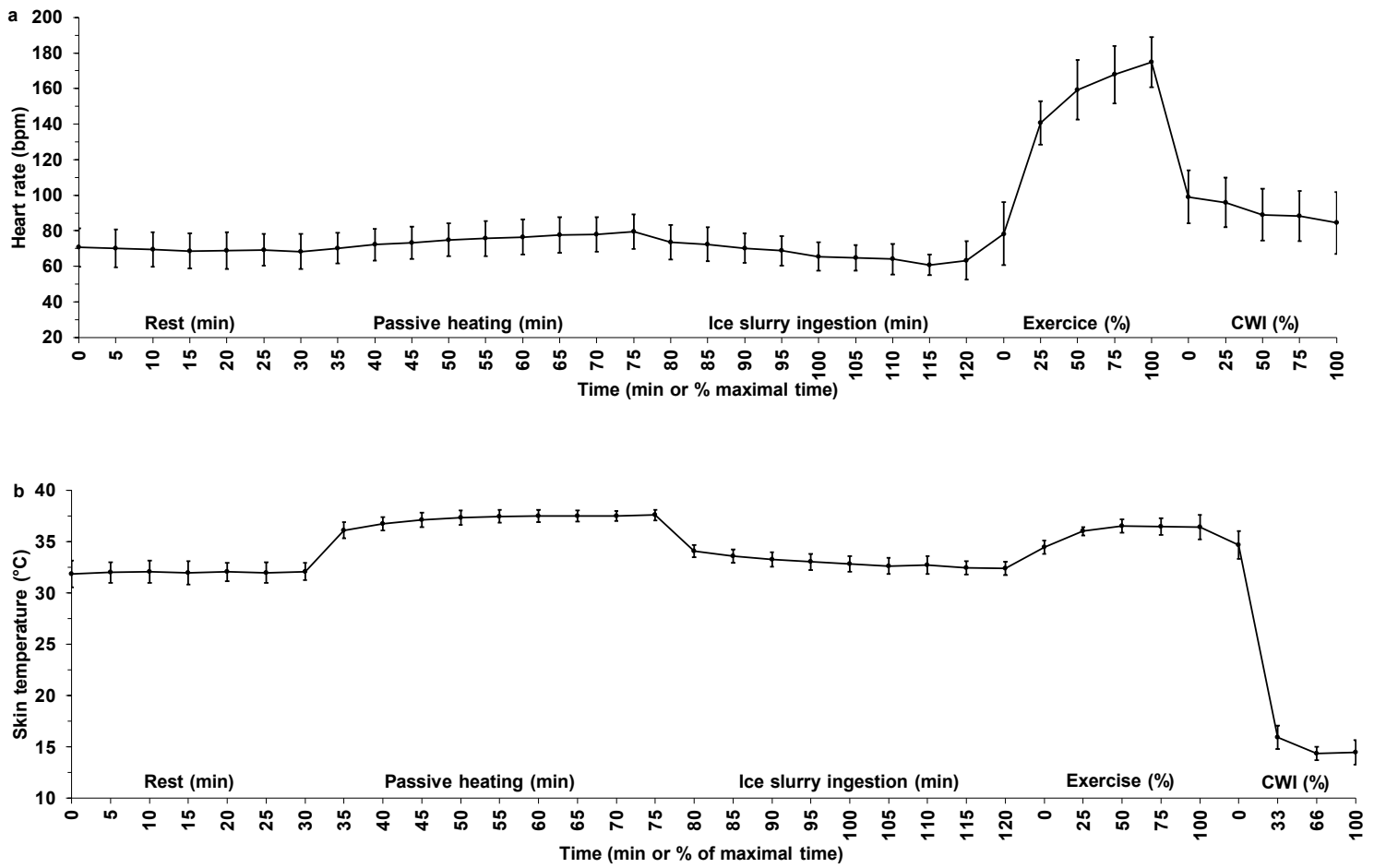


Figure 2.

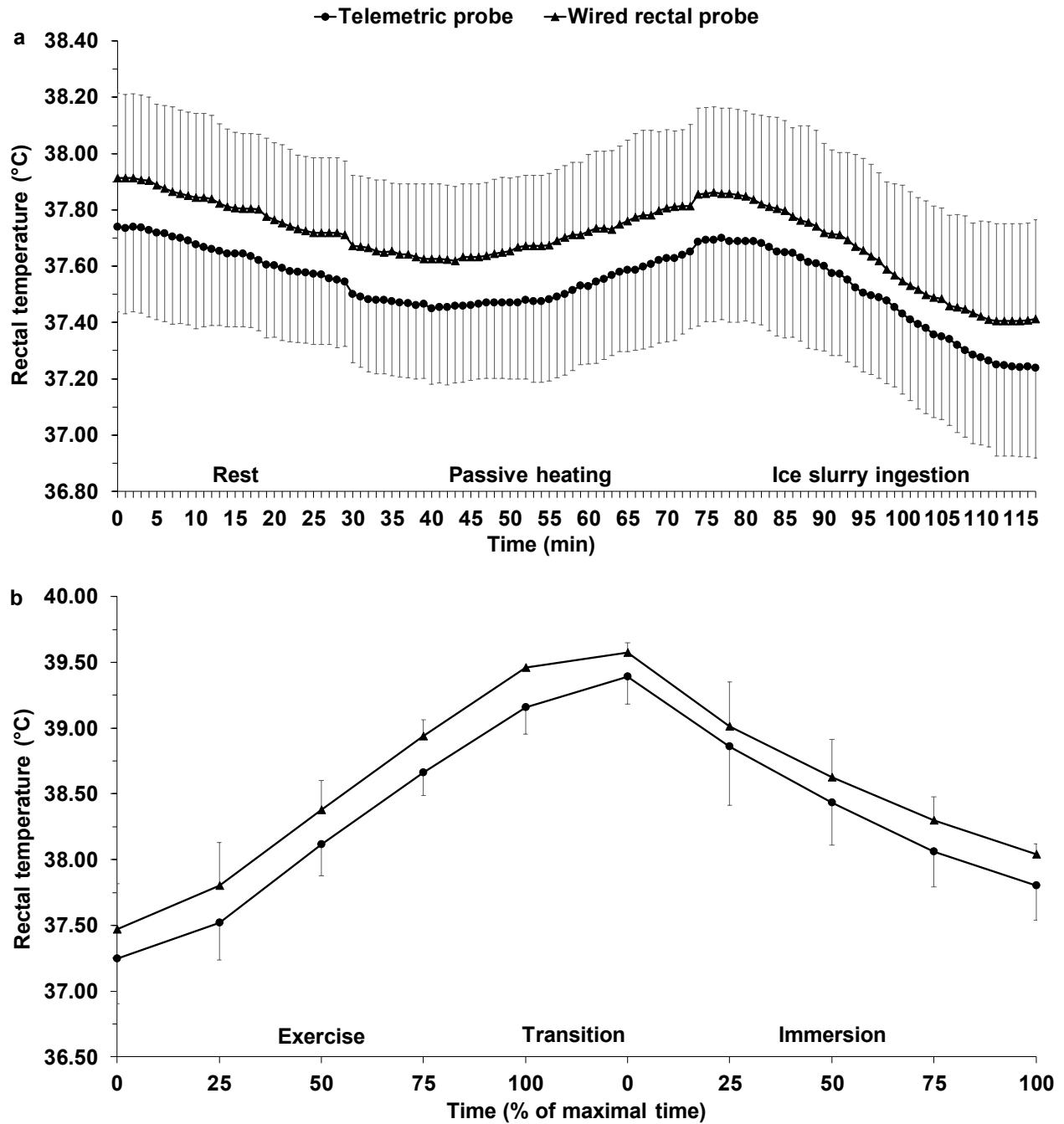
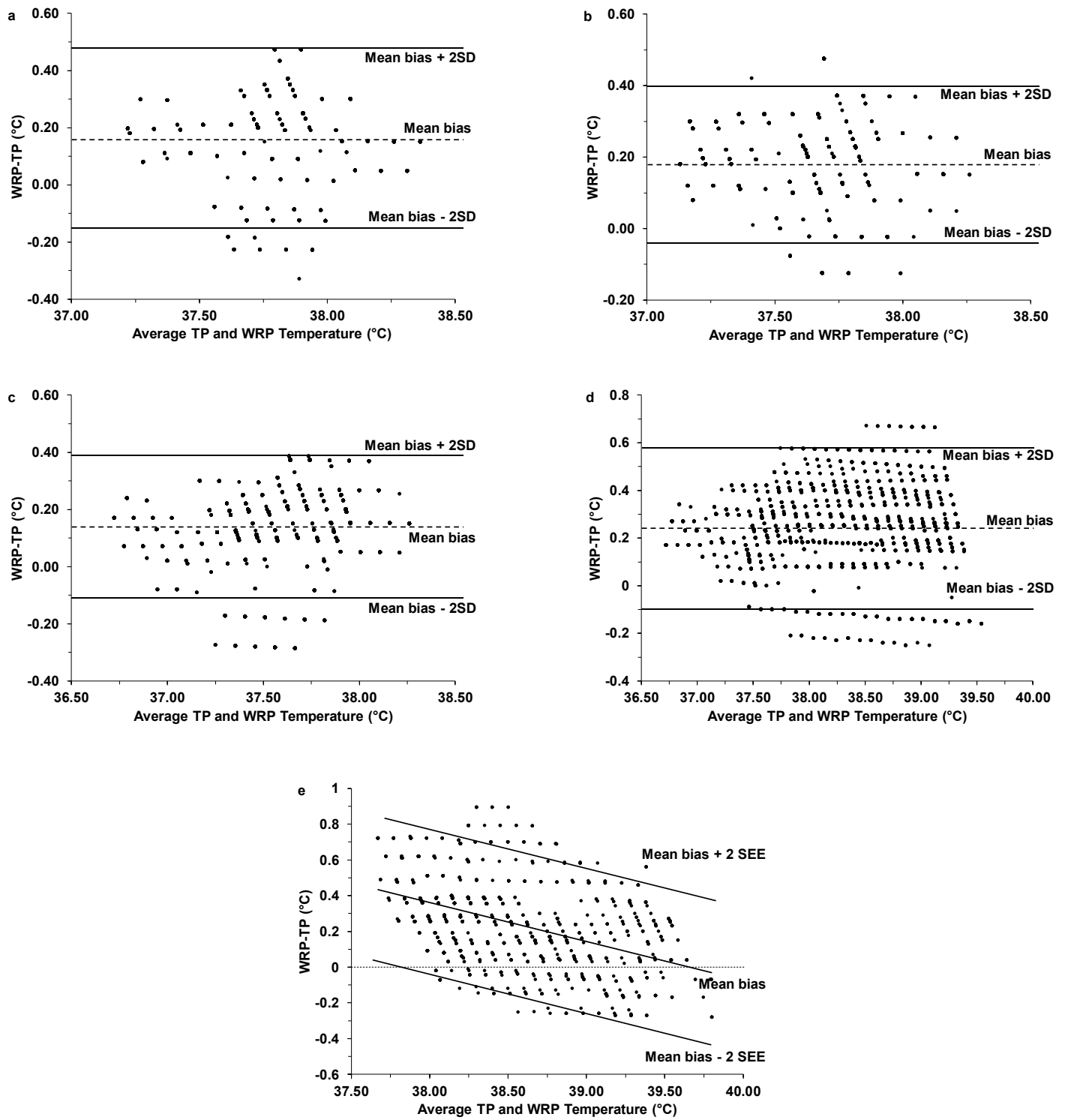


Figure 3.



3. DISCUSSION

Cette discussion est une addition à celle disponible dans l'article présenté dans la section méthodologie de ce mémoire.

3.1. Les désavantages associés à l'utilisation d'une sonde téléométrique en suppositoire pour monitorer la température rectale

Bien que mesurer la température rectale à l'aide d'une sonde téléométrique en suppositoire permet de contourner certaines limitations associées à l'utilisation d'une sonde câblée, il n'en reste pas moins que cette technique novatrice démontre plusieurs contraintes récurrentes associées à la technologie HQinc. Le coût et l'utilisation unique de la sonde téléométrique restent problématiques. Peu importe le site de mesure utilisé, la sonde téléométrique reste vulnérable aux interférences électromagnétiques (CorTemp HQ Inc., Palmetto, Florida, USA) et doit être calibrée avant l'utilisation (Challis et Kolb, 2010). La température rectale téléométrique et la température rectale câblée ne sont pas interchangeables en situation de diminution rapide de la température corporelle compte tenu du biais important supérieur à 0.27°C. Finalement, l'utilisation à la pièce doit être faite avec prudence, puisque les limites d'accord à 95% sont relativement importantes, en particulier lors de l'exercice ou lors d'immersion en eau froide.

3.2. Recherche future

3.2.1 Utilisation de la sonde téléométrique à de multiples occasions :

Sans aucun doute, l'un des principaux problèmes avec l'utilisation d'une sonde téléométrique en suppositoire pour monitorer la température rectale est le coût élevé pour l'utilisation unique. Sur le marché actuellement, il existe plusieurs sondes rectales câblées réutilisables à la suite d'une stérilisation ou d'une désinfection de haut niveau et celles-ci sont conçues pour durer. Présentement, aucune étude n'a été publiée sur la possibilité de réutiliser une sonde téléométrique mesurant la température corporelle. Cependant, au sein de notre laboratoire, nous trouvons que cette idée était intéressante et pour cette raison nous avons davantage investigué cette possibilité. Des tests ont été faits sur 3 sondes utilisées

durant l'expérimentation associée au présent mémoire. Ces tests consistaient à 20 expérimentations en bain-marie variant de 1 à 5 heures (Annexe N) pour une durée totale de 50 heures supplémentaires d'utilisation pour chacune des sondes. Afin de reproduire le contexte d'utilisation, à la suite de chacune des expérimentations, les sondes étaient désinfectées dans une solution de désinfection de haut niveau pour une durée de 20 minutes et refermées par la suite à l'aide d'un aimant. Les résultats préliminaires de cette étude pilote en bain-marie (Annexe O) sont favorables quant à la possibilité d'utiliser une sonde télémétrique à de multiples occasions.

L'idée d'utiliser la sonde télémétrique à de multiples occasions au niveau du rectum pose également des problèmes logistiques. Notre laboratoire a récemment développé un montage (Annexe F) simple, universel, peu coûteux, robuste et efficace permettant d'insérer et d'extraire la sonde télémétrique du rectum avec facilité. Le montage a été mis à l'épreuve et évalué par un membre de l'équipe à de multiples reprises en situation de repos et d'exercice. L'assemblage prend environ 5 minutes à effectuer. Il consiste à insérer la sonde dans un condom ultramince et d'attacher ce dernier à une soie dentaire sans saveur. Une fois l'utilisation terminée, il est facile d'extraire la sonde télémétrique pour un nettoyage et une désinfection de haut niveau. La validité de ce montage à mesurer des changements de température positifs et négatifs et rapides et lents a été évaluée dans un bain-marie contre ceux mesurés à l'aide d'une sonde rectale câblée. Les résultats (Annexe M) ont démontré que ce montage s'avère aussi efficace qu'une sonde rectale câblée afin de mesurer les changements de température. Le montage pourrait être inséré à l'intérieur du rectum à une profondeur de 10 à 15 centimètres à l'aide d'un applicateur à suppositoire développé à l'interne (en cours de conception).

4. CONCLUSION

Les résultats de ce présent mémoire confirment en partie nos hypothèses en démontrant qu'en dehors des diminutions rapides de la température rectale, l'utilisation d'une sonde télémétrique en suppositoire permet de suivre de façon valide les changements de la température rectale dans des conditions de recherche. Cependant, l'utilisation individuelle

doit être faite avec prudence, puisque les limites d'accord sont relativement importantes, en particulier lors d'exercice ou de l'immersion en eau froide.

Les retombées de ce mémoire sont importantes, car nos résultats éclairent, pour la première fois, les professionnels de la santé, kinésiologues, chercheurs et entraîneurs quant à la possibilité d'utiliser la sonde télémétrique en suppositoire pour monitorer la température rectale. Cette technique pourra ouvrir de nouveaux horizons de recherche en plus de faciliter la mesure de la température rectale.

Les futures recherches dans le domaine de la thermorégulation devraient s'intéresser à la validité des autres sondes télémétriques à être utilisées au niveau du rectum pour monitorer la température rectale, car ces sondes ont des caractéristiques distinctives. Enfin, la réalisation d'une étude semblable avec des sondes télémétriques utilisées à de multiples occasions serait révolutionnaire pour le champ de recherche.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adams, W. C., Fox, R. H., Fry, A. J., & MacDonald, I. C. (1975). Thermoregulation during marathon running in cool, moderate, and hot environments. *Journal of applied physiology*, 38(6), 1030–1037. <https://doi.org/10.1152/jappl.1975.38.6.1030>
- Armstrong, L. E., Casa, D. J., Millard-Stafford, M., Moran, D. S., Pyne, S. W., & Roberts, W. O. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(3), 556-572. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31802fa199>
- Asmussen, E., & Nielsen, M. (1947). The regulation of the body-temperature during work performed with the arms and with the legs. *Acta Physiologica Scandinavica*, 14(4), 373-382. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1947.tb00473.x>
- Astrand, P., & Rodahl, K.R. (1970). Textbook of work physiology. Tokyo: McGraw-Hill KogaKusha Ltd.
- Aulick, L. H., Robinson, S., & Tzankoff, S. P. (1981). Arm and leg intravascular temperatures of men during submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 51(5), 1092-1097. <https://doi.org/10.1152/jappl.1981.51.5.1092>
- Basset, F. A., Cahill, F., Handrigan, G., Ducharme, M. B., & Cheung, S. S. (2011). The effect of lower body cooling on the changes in three core temperature indices. *Physiological Measurement*, 32(4), 385-394. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/32/4/001>
- Bazett, H. C., Love, L., Newton, M., Eisenberg, L., Day, R., & Forster, R. (1948). Temperature changes in blood flowing in arteries and veins in man. *Journal of applied physiology*, 1(1), 3–19.
- Binkley, H. M., Beckett, J., Casa, D. J., Kleiner, D. M., & Plummer, P. E. (2002). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Exertional Heat Illnesses. *Journal of Athletic Training*, 37(3), 329-343.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical methods in medical research*, 8(2), 135–160. <https://doi.org/10.1177/096228029900800204>
- Bongers, C. C., Daanen, H. A., Bogerd, C. P., Hopman, M. T., & Eijsvogels, T. M. (2018). Validity, Reliability, and Inertia of Four Different Temperature Capsule Systems. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(1), 169-175. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001403>
- Bongers, C. C., Hopman, M. T., & Eijsvogels, T. M. (2015). Using an Ingestible Telemetric Temperature Pill to Assess Gastrointestinal Temperature During Exercise. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, (104). <https://doi.org/10.3791/53258>

- Brennan, D. F., Falk, J. L., Rothrock, S. G., & Kerr, R. B. (1995). Reliability of infrared tympanic thermometry in the detection of rectal fever in children. *Annals of Emergency Medicine*, 25(1), 21-30.
- Byrne, C., & Lim, C. L. (2007). The ingestible telemetric body core temperature sensor: a review of validity and exercise applications. *British journal of sports medicine*, 41:126-133. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.026344>
- Casa, D. J., Becker, S. M., Ganio, M. S., Brown, C. M., Yeargin, S. W., Roti, M. W., ... Huggins, R. A. (2007). Validity of devices that assess body temperature during outdoor exercise in the heat. *Journal of athletic training*, 42(3), 333-342.
- Casa, D. J., McDermott, B. P., Lee, E. C., Yeargin, S. W., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2007). Cold water immersion: the gold standard for exertional heatstroke treatment. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 35(3), 141-149. <https://doi.org/10.1097/jes.0b013e3180a02bec>
- Challis, G. G., & Kolb, J. C. (2010). Agreement between an ingestible telemetric sensor system and a mercury thermometer before and after linear regression correction. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 20(1), 53–57. <https://doi.org/doi:10.1097/JSM.0b013e3181c96837>
- Cheuvront, S. N., Ely, B. R., Kenefick, R. W., Michniak-Kohn, B. B., Rood, J. C., & Sawka, M. N. (2009). No effect of nutritional adenosine receptor antagonists on exercise performance in the heat. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 296(2), R394–R401. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.90812.2008>
- Cooper, K. E., & Kenyon, J. R. (1957). A comparison of temperatures measured in the rectum, oesophagus, and on the surface of the aorta during hypothermia in man. *The British Journal of Surgery*, 44(188), 616-619.
- Coyne, M. D., Kesick, C. M., Doherty, T. J., Kolka, M. A., & Stephenson, L. A. (2000). Circadian rhythm changes in core temperature over the menstrual cycle: method for noninvasive monitoring. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 279(4), R1316-1320. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2000.279.4.R1316>
- Daanen, H. A. M. (2006). Infrared tympanic temperature and ear canal morphology. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 30(4), 224-234. <https://doi.org/10.1080/03091900600711613>
- Easton, C., Fudge, B. W., & Pitsiladis, Y. P. (2007). Rectal, telemetry pill and tympanic membrane thermometry during exercise heat stress. *Journal of Thermal Biology*, 32(2), 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2006.10.004>

- Eichna, L. W., Berger, A. R., Rader, B., & Becker, W. H. (1951). Comparison of intracardiac and intravascular temperatures with rectal temperatures in man. *The Journal of Clinical Investigation*, 30(4), 353-359. <https://doi.org/10.1172/JCI102451>
- El-Radhi, A. S. (2013). Temperature measurement: the right thermometer and site. *British Journal of Nursing*, 22(4), 208-211. <https://doi.org/10.12968/bjon.2013.22.4.208>
- Ely, B. R., Chevront, S. N., Kenefick, R. W., & Sawka, M. N. (2010). Aerobic performance is degraded, despite modest hypothermia, in hot environments. *Med Sci Sports Exerc.* 42(1), 135-141.
- Engels, H. J., Yarandi, H. N., & Davis, J. E. (2009). Utility of an ingestible capsule for core temperature measurements during body warming. *Journal of Exercise Physiology*, 12(2), 1-9.
- Gagnon, D., Lemire, B. B., Casa, D. J., & Kenny, G. P. (2010). Cold-water immersion and the treatment of hyperthermia: using 38.6°C as a safe rectal temperature cooling limit. *Journal of Athletic Training*, 45(5), 439-444. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.5.439>
- Gagnon, D., Lemire, B. B., Jay, O., & Kenny, G. P. (2010). Aural canal, esophageal, and rectal temperatures during exertional heat stress and the subsequent recovery period. *Journal of Athletic Training*, 45(2), 157-163. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.2.157>
- Ganio, M. S., Brown, C. M., Casa, D. J., Becker, S. M., Yeargin, S. W., McDermott, B. P., ... Maresh, C. M. (2009). Validity and reliability of devices that assess body temperature during indoor exercise in the heat. *Journal of athletic training*, 44(2), 124-135. <https://doi.org/doi: 10.4085/1062-6050-44.2.124>
- Gant, N., Atkinson, G., & Williams, C. (2006). The validity and reliability of intestinal temperature during intermittent running. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(11), 1926-1931. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000233800.69776.ef>
- Gerbrandy, J., Snell, E. S., & Cranston, W. I. (1954). Oral, rectal, and oesophageal temperatures in relation to central temperature control in man. *Clinical Science*, 13(4), 615-624.
- Gigou, P.-Y., Dion, T., Asselin, A., Berrigan, F., & Goulet, E. D. (2012). Pre-exercise hyperhydration-induced bodyweight gain does not alter prolonged treadmill running time-trial performance in warm ambient conditions. *Nutrients*, 4(8), 949-966.
- Gisolfi, C., & Robinson, S. (1970). Venous blood distribution in the legs during intermittent treadmill work. *Journal of Applied Physiology*, 29(3), 368-373. <https://doi.org/10.1152/jappl.1970.29.3.368>

- González-Alonso, J. (2012). Human thermoregulation and the cardiovascular system. *Experimental Physiology*, 97(3), 340-346.
<https://doi.org/10.1113/expphysiol.2011.058701>
- Grucza, R., Szczypaczewska, M., & Kozłowski, S. (1987). Thermoregulation in hyperhydrated men during physical exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 56(5), 603–607
- Hadad, E., Rav-Acha, M., Heled, Y., Epstein, Y., & Moran, D. S. (2004). Heat stroke : a review of cooling methods. *Sports Medicine*, 34(8), 501-511. 10.2165/00007256-200434080-00002
- Houdas, Y. & Ring, E. F. J. (1982). Human body temperature. Its measurement and regulation. New York: Plenum Press.
- Hunt, A. P., Bach, A. J., Borg, D. N., Costello, J. T., & Stewart, I. B. (2017). The systematic bias of ingestible core temperature sensors requires a correction by linear regression. *Frontiers in physiology*, 8, 260. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00260>
- Jensen, B. N., Jensen, F. S., Madsen, S. N., & Løssl, K. (2000). Accuracy of digital tympanic, oral, axillary, and rectal thermometers compared with standard rectal mercury thermometers. *The European Journal of Surgery*, 166(11), 848-851.
<https://doi.org/10.1080/110241500447218>
- Keatinge, W. R., & Neild, P. J. (1990). Use of rectal radiopill to monitor human body core temperature during four mile swim across Beagle Channel, Tierra Fel Fuego. *Journal of Physiology*, 430, 93.
- Kenefick, R. W., Ely, B. R., Cheuvront, S. N., Palombo, L. J., Goodman, D. A., & Sawka, M. N. (2009). Prior heat sstress: Effect on subsequent 15-min time trial performance in the heat. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(6), 1311–1316.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181988c14>
- Kolka, M. A., Quigley, M. D., Blanchard, L. A., Toyota, D. A., & Stephenson, L. A. (1993). Validation of a temperature telemetry system during moderate and strenuous exercise. *Journal of Thermal Biology*, 18, 203-210.
- Lee, J. K., Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (2008). Cold drink ingestion improves exercise endurance capacity in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(9), 1637-1644. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318178465d>
- Lee, J.-Y., Wakabayashi, H., Wijayanto, T., & Tochihara, Y. (2010). Differences in rectal temperatures measured at depths of 4–19 cm from the anal sphincter during exercise and rest. *European Journal of Applied Physiology*, 109(1), 73-80.
<https://doi.org/10.1007/s00421-009-1217-0>

- Lee, S., Williams, W. J., & Schneider, S. M. (2000). Core temperature measurement during submaximal exercise: esophageal, rectal, and intestinal temperatures. *NASA Center for aerospace Information Technical Report NASA/TP*.
- Lim, C. L., Byrne, C., & Lee, J. K. (2008). Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Annals Academy of Medicine Singapore*, 37(4), 347.
- McAllister, T. A., Roud, J. A., Marshall, A., Holland, B. M., & Turner, T. L. (1986). Outbreak of *Salmonella eimsbuettel* in newborn infants spread by rectal thermometers. *Lancet*, 1(8492), 1262-1264.
- McDermott, B. P., Casa, D. J., Ganio, M. S., Lopez, R. M., Yeargin, S. W., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2009). Acute whole-body cooling for exercise-induced hyperthermia: a systematic review. *Journal of athletic training*, 44(1), 84–93.
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.1.84>
- McKenzie, J. E., & Osgood, D. W. (2004). Validation of a new telemetric core temperature monitor. *Journal of Thermal Biology*, 29(7-8), 605–611.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2004.08.020>
- Mead, J., & Bonmarito, C. L. (1949). Reliability of rectal temperatures as an index of internal body temperature. *Journal of Applied Physiology*, 2(2), 97-109.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1949.2.2.97>
- Miller, K. C., Hughes, L. E., Long, B. C., Adams, W. M., & Casa, D. J. (2017). Validity of Core Temperature Measurements at 3 Rectal Depths During Rest, Exercise, Cold-Water Immersion, and Recovery. *Journal of Athletic Training*, 52(4), 332-338.
- Minard, D. (1970). Body heat content. Chap 25. In: J. D. Hardy, A.P. Gagge & J. A. J. Stolwijk (eds.), *Physiological and behavioral temperature regulation* (p.345-357). Springfield : Charles C Thomas.
- Mittleman, K. D., & Mekjavić, I. B. (1988). Effect of occluded venous return on core temperature during cold water immersion. *Journal of Applied Physiology*, 65(6), 2709-2713. <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.65.6.2709>
- Monk, T. H., Buysse, D. J., Billy, B. D., Kennedy, K. S., & Willrich, L. M. (1998). Sleep and circadian rhythms in four orbiting astronauts. *Journal of Biological Rhythms*, 13(3), 188-201. <https://doi.org/10.1177/074873098129000039>
- Montain, S. J., & Coyle, E. F. (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 73(4), 1340-1350. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.73.4.1340>

- Moran, D. S., & Mendal, L. (2002). Core temperature measurement: methods and current insights. *Sports Medicine*, 32(14), 879-885.
- Mündel, T., Carter, J. M., Wilkinson, D. M., & Jones, D. A. (2016). A comparison of rectal, oesophageal and gastro-intestinal tract temperatures during moderate-intensity cycling in temperate and hot conditions. *Clinical physiology and functional imaging*, 36(1), 11–16. <https://doi.org/10.1111/cpf.12187>
- Nielsen, B., & Kaciuba-Uscilko, H. (1998). Temperature regulation in exercise. In *Physiology and pathophysiology of temperature regulation*. Singapore: World Scientific.
- O'brien, C., Hoyt, R. W., Buller, M. J., Castellani, J. W., & Young, A. J. (1998). Telemetry pill measurement of core temperature in humans during active heating and cooling. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(3), 468–472. <https://doi.org/10.1097/00005768-199803000-00020>
- Otte, J. A., Oostveen, E., Geelkerken, R. H., Groeneveld, A. B., & Kolkman, J. J. (2001). Exercise induces gastric ischemia in healthy volunteers: a tonometry study. *Journal of Applied Physiology*, 91(2), 866-871. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.2.866>
- Petersen, M. H., & Hauge, H. N. (1997). Can training improve the results with infrared tympanic thermometers? *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 41(8), 1066-1070.
- Proulx, C. I., Ducharme, M. B., & Kenny, G. P. (2006). Safe cooling limits from exercise-induced hyperthermia. *European Journal of Applied Physiology*, 96(4), 434-445. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0063-y>
- Proulx, C. I., Ducharme, M. B., & Kenny, G. P. (2003). Effect of water temperature on cooling efficiency during hyperthermia in humans. *Journal of Applied Physiology*, 94(4), 1317–1323. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00541.2002>
- Ramanathan, N. L. (1964). A new weighting system for mean surface temperature of the human body. *Journal of applied physiology*, 19(3), 531–533. <https://doi.org/10.1152/jappl.1964.19.3.531>
- Renbourn, E.T. (1972). Materials and clothing in health and disease. London: H.K. Lewis & Co Ltd.
- Romet, T. T. (1988). Mechanism of afterdrop after cold water immersion. *Journal of Applied Physiology*, 65(4), 1535–1538.
- Rowell, L. B., Kraning, K. K., Kennedy, J. W., & Evans, T. O. (1967). Central circulatory responses to work in dry heat before and after acclimatization. *Journal of Applied Physiology*, 22(3), 509-518. <https://doi.org/10.1152/jappl.1967.22.3.509>

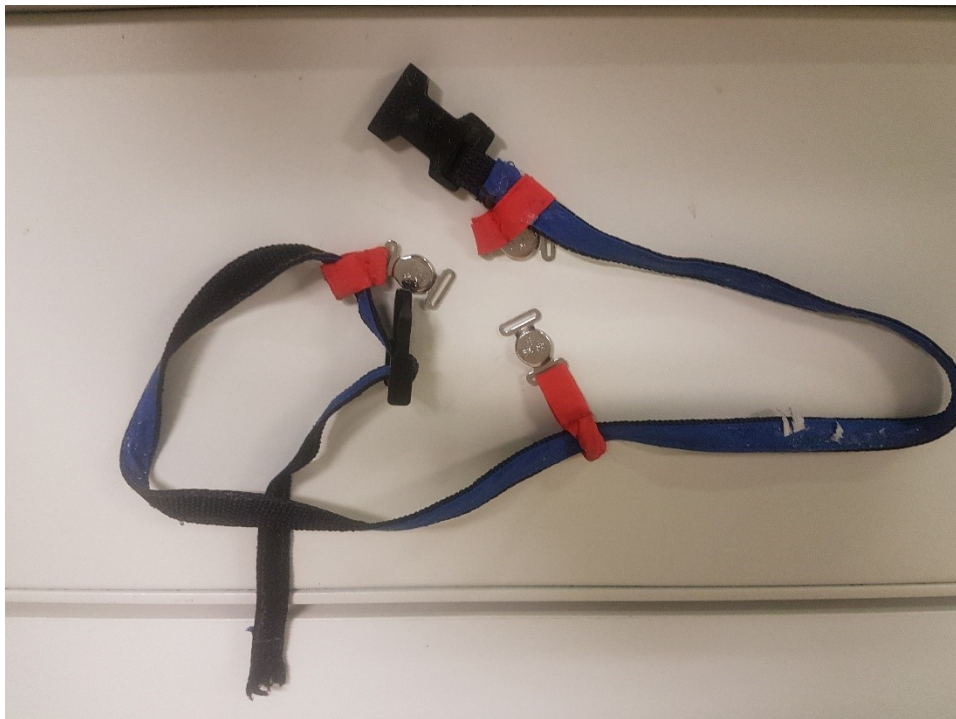
- Saltin, B., & Hermansen, L. (1966). Esophageal, rectal, and muscle temperature during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 21(6), 1757-1762. <https://doi.org/10.1152/jappl.1966.21.6.1757>
- Sato, K. T., Kane, N. L., Soos, G., Gisolfi, C. V., Kondo, N., & Sato, K. (1996). Reexamination of tympanic membrane temperature as a core temperature. *Journal of Applied Physiology*, 80(4), 1233-1239. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.80.4.1233>
- Savoie, F. A., Dion, T., Asselin, A., Gariépy, C., Boucher, P. M., Berrigan, F., & Goulet, E. D. (2015). Intestinal temperature does not reflect rectal temperature during prolonged, intense running with cold fluid ingestion. *Physiological measurement*, 36(2), 259-272. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/36/2/259>
- Sawka, M. N., Pandolf, K. B. (2001). Physical exercise in hot climates: physiology, performance, and biomedical issues. In K. B. Pandolf, & R. Burr (eds.), *Medical Aspects of Harsh Environments* (vol. 1, p.87–133). Washington: TMM Publications, Borden Institute.
- Sawka, M. N., & Wenger, C. B. (1988). Physiological responses to acute exercise-heat stress. In: K. B. Pandolf, M. N. Sawka and R. R. Gonzalez, (eds.). *Human performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes* (p. 97-151). Indianapolis: Benchmark Press.
- Sermet-Gaudelus, I., Chadelat, I., & Lenoir, G. (2005). Body temperature measurement in daily practice. *Archives De Pédiatrie: Organe Officiel De La Société Française De Pédiatrie*, 12(8), 1292-1300. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2005.01.034>
- Siegel, R., Maté, J., Brearley, M. B., Watson, G., Nosaka, K., & Laursen, P. B. (2010). Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(4), 717-725. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181bf257a>
- Smiddy, F. G., & Benson, E. A. (1969). Rectal perforation by thermometer. *The lancet*, 294(7624), 805–806.
- Smith, J. E. (2005). Cooling methods used in the treatment of exertional heat illness. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 503-507. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.013466>
- Smitz, S., Giagoultsis, T., Dewé, W., & Albert, A. (2000). Comparison of rectal and infrared ear temperatures in older hospital inpatients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48(1), 63-66
- Sparling, P. B., Snow, T. K., & Millard-Stafford, M. L. (1993). Monitoring core temperature during exercise: ingestible sensor vs. rectal thermistor. *Aviation, space, and environmental medicine*, 64(8), 760–763.

- Taylor, N. A., Caldwell, J. N., den Heuvel Van, A. M., & Patterson, M. J. (2008). To cool, but not too cool: that is the question—immersion cooling for hyperthermia. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(11), 1962–1969.
- Taylor, N.A., Tipton, M. J., & Kenny, G. P. (2014). Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. *Journal of thermal biology*, 46, 72–101. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.10.006>
- Teunissen, L. P. J., de Haan, A., de Koning, J. J., & Daanen, H. A. M. (2012). Telemetry pill versus rectal and esophageal temperature during extreme rates of exercise-induced core temperature change. *Physiological Measurement*, 33(6), 915-924. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/33/6/915>
- Togawa, T. (1985). Body temperature measurement. *Clinical physics and physiological measurement*, 6(2), 83.
- Van Someren, E. J. W., Raymann, R. J. E. M., Scherder, E. J. A., Daanen, H. A. M., & Swaab, D. F. (2002). Circadian and age-related modulation of thermoreception and temperature regulation: mechanisms and functional implications. *Ageing Research Reviews*, 1(4), 721-778.
- Wilkinson, D. M., Carter, J. M., Richmond, V. L., Blacker, S. D., & Rayson, M. P. (2008). The effect of cool water ingestion on gastrointestinal pill temperature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(3), 523-528. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31815cc43e>
- Werner, J. (1998). Biophysics of heat exchange between body and environment. In C. Blatteis (ed.) *Physiology and pathophysiology of temperature regulation* (p. 23–45). Singapore: World Scientific.
- Xu, X., Karis, A. J., Buller, M. J., & Santee, W. R. (2013). Relationship between core temperature, skin temperature, and heat flux during exercise in heat. *European journal of applied physiology*, 113(9), 2381–2389. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2674-z>
- Yamasue, K., Hagiwara, H., Tochikubo, O., Sugimoto, C., & Kohno, R. (2012). Measurement of Core Body Temperature by an Ingestible Capsule Sensor and Evaluation of its Wireless Communication Performance. *Advanced Biomedical Engineering*, 1(0), 9-15. <https://doi.org/10.14326/abe.1.9>
- Zhang, Y., Davis, J.K., Casa, D. J., & Bishop, P. A. (2015). Optimizing Cold Water Immersion for Exercise-Induced Hyperthermia: A Meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(11), 2464-2472. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000000693>

ANNEXE A



ANNEXE B



ANNEXE C



ANNEXE D



ANNEXE E



ANNEXE F



ANNEXE G



Projet de recherche

Curieux de comprendre comment
votre corps contrôle sa température
corporelle?

Nous recrutons présentement des
volontaires afin d'évaluer l'efficacité
d'un thermomètre sans fil.

Chercheur principal : Eric Goulet, Ph. D. | Numéro de projet : 2017-1653

Nous recherchons des personnes :

- 1) en santé (sexes masculin et féminin);
- 2) âgées de 18 à 50 ans;
- 3) physiquement actives, car ce projet implique de l'exercice en course à pied.

Durée de l'étude : une 1^{re} visite de 2 heures au laboratoire et une seconde de 4 à 5 heures. Une mesure de la consommation maximale d'oxygène est prévue à la 1^{re} visite.

Une légère compensation financière est prévue pour les frais engagés pour la participation à cette étude.

Pour obtenir plus d'informations, les personnes intéressées sont priées de communiquer avec M. Jonathan Gosselin

Ce projet a été approuvé par le CÉR du CIUSSS de l'Estrie – CHUS.

Date de parution : 6 juin 2017

ANNEXE H

Renseignements généraux

Nom: _____

Code: _____

Courriel: _____

Personne que l'on peut rejoindre en cas d'urgence:

Nom: _____

Numéro de téléphone:

Maison: _____ Bureau: _____

ANNEXE I

Version du 12 septembre 2011 approuvée par la SCPE

Q-AAP+

Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique pour tous

L'exercice physique pratiqué de façon régulière constitue une activité saine et agréable, et plus de gens devraient être plus actifs chaque jour de la semaine. Être plus actif est très sécuritaire pour la *plupart* des gens. Ce questionnaire vous indiquera si vous devez demander conseil à votre médecin *ou* à un professionnel de l'exercice qualifié avant de devenir plus actif.

SECTION 1 – SANTÉ GÉNÉRALE

Veuillez lire attentivement les 7 questions ci-dessous et y répondre de façon honnête : cochez oui ou non.		OUI	NON
1.	Votre médecin vous a-t-il déjà dit que vous souffrez de troubles cardiaques ou d'hypertension artérielle?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Ressentez-vous une douleur à la poitrine au repos, pendant vos activités quotidiennes ou lorsque vous faites de l'activité physique?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Éprouvez-vous des pertes d'équilibre liées à des étourdissements, ou avez-vous perdu conscience au cours des 12 derniers mois? Veuillez répondre non si vos étourdissements étaient associés à de l'hyperventilation (y compris durant un exercice vigoureux).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Avez-vous déjà reçu un diagnostic d'autres troubles médicaux chroniques (autre qu'une maladie du cœur ou l'hypertension artérielle)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Des médicaments vous sont-ils actuellement prescrits pour traiter un trouble médical?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Avez-vous des problèmes osseux ou articulaires qui pourraient être aggravés si vous pratiquez plus d'activité physique? Veuillez répondre non si vous avez eu un problème articulaire dans le passé, mais qu'il ne limite pas votre capacité actuelle à être physiquement actif. Par exemple, genou, cheville, épaule ou autre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Votre médecin vous a-t-il déjà dit que vous ne deviez participer qu'aux activités physiques supervisées par un professionnel de la santé?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si vous avez répondu **non** à toutes les questions ci-dessus, vous pouvez pratiquer l'activité physique. Rendez-vous à la section 3 pour signer le formulaire. Vous n'avez pas à remplir la section 2.



- Commencez à devenir beaucoup plus actif physiquement – commencez lentement et augmentez graduellement.
- Suivez les **Directives canadiennes en matière d'activité physique** pour votre âge (www.csep.ca/directives).
- Vous pouvez prendre part à une évaluation de la condition physique et de la santé.
- Pour toute autre question, contactez un professionnel de l'exercice qualifié, par exemple un Physiologiste de l'exercice certifié SCPE® (PEC-SCPE) ou Entraîneur personnel certifié SCPE® (EPC-SCPE).
- Si vous avez plus de 45 ans et n'avez **pas** l'habitude de pratiquer régulièrement de l'activité physique vigoureuse, veuillez consulter un professionnel de l'exercice qualifié (PEC-SCPE) avant de participer à un exercice d'intensité très élevée.



Si vous avez répondu **oui** à une ou à plusieurs des questions ci-dessus, veuillez vous rendre à la section 2.



Remettez à plus tard le projet de devenir plus actif si :

- Vous ne vous sentez pas bien en raison d'une maladie temporaire telle qu'un rhume ou de la fièvre – attendez de vous sentir mieux;
- Vous êtes enceinte – parlez à votre professionnel de la santé, à votre médecin ou à un professionnel de l'exercice qualifié et/ou remplissez le formulaire X-AAP pour les femmes enceintes avant d'augmenter votre niveau d'activité physique; **ou**
- Votre état de santé change – veuillez répondre aux questions de la section 2 de ce document et/ou discuter avec votre médecin ou un professionnel de l'exercice qualifié (PEC-SCPE ou EPC-SCPE) avant de continuer tout programme d'activité physique.

SECTION 2 – TROUBLES MEDICAUX CHRONIQUES

Veuillez lire attentivement les questions ci-dessous et y répondre de façon honnête : cochez oui ou non.		OUI	NON
1.	Souffrez-vous d'arthrite, d'ostéoporose ou de problèmes de dos?	<input type="checkbox"/> Si oui, répondez aux questions 1a-1c	<input type="checkbox"/> Sinon, rendez-vous à la question 2
1a.	Avez-vous de la difficulté à contrôler votre condition à l'aide de médicaments ou d'autres traitements prescrits par un médecin (répondez non si vous ne prenez présentement pas de médicaments ou si vous ne suivez pas d'autres traitements)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1b.	Souffrez-vous de problèmes articulaires causant des douleurs, d'une récente fracture ou d'une fracture causée par l'ostéoporose ou le cancer, d'un déplacement de vertèbre (p. ex. spondylolisthésis) et/ou d'un défaut de pars ou de la spondylolyse (une fissure dans l'arc osseux à l'arrière de la colonne vertébrale)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1c.	Avez-vous reçu des injections de stéroïdes ou pris des comprimés de stéroïdes pendant plus de 3 mois?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Avez-vous un cancer, peu importe lequel?	<input type="checkbox"/> Si oui, répondez aux questions 2a-2b	<input type="checkbox"/> Sinon, rendez-vous à la question 3
2a.	Votre diagnostic de cancer comprend-il les types suivants : cancer des poumons/bronchique, myélome multiple (cancer des cellules plasmatiques), de la tête et du cou?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2b.	Recevez-vous présentement un traitement contre le cancer (comme la chimiothérapie ou la radiothérapie)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Souffrez-vous d'une maladie du cœur ou d'une maladie cardiovasculaire? Ces dernières incluent la coronaropathie, l'hypertension artérielle, l'insuffisance cardiaque ainsi que l'anomalie du rythme cardiaque diagnostiquée.	<input type="checkbox"/> Si oui, répondez aux questions 3a-3e	<input type="checkbox"/> Sinon, rendez-vous à la question 4
3a.	Avez-vous de la difficulté à contrôler votre condition à l'aide de médicaments ou d'autres traitements prescrits par un médecin (répondez non si vous ne prenez présentement pas de médicaments ou si vous ne suivez pas d'autres traitements)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3b.	Avez-vous un rythme cardiaque irrégulier qui requiert un suivi médical (p. ex. fibrillation auriculaire, extrasystole ventriculaire)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3c.	Souffrez-vous d'insuffisance cardiaque chronique?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3d.	Votre tension artérielle au repos est-elle égale ou supérieure à 160/90 mm Hg avec ou sans médication (répondez oui si vous ne connaissez pas les valeurs de votre tension artérielle au repos)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3e.	Est-ce que vous avez une coronaropathie (maladie cardiovasculaire) diagnostiquée et n'avez pas participé à une activité physique régulière au cours des 2 derniers mois?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Veuillez lire attentivement les questions ci-dessous et y répondre de façon honnête : cochez oui ou non.		OUI	NON
4.	Souffrez-vous d'un trouble métabolique? Cette catégorie comprend le diabète de type 1, le diabète de type 2 et le prédiabète.	<input type="checkbox"/> Si oui, répondez aux questions 4a-4c	<input type="checkbox"/> Sinon, rendez-vous à la question 5
4a.	Votre glycémie est-elle souvent supérieure à 13,0 mmol/l (répondez oui si vous ne le savez pas)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4b.	Présentez-vous des signes ou des symptômes de complications liées au diabète, comme une maladie du cœur ou une affection vasculaire, et/ou des complications qui affectent vos yeux, vos reins, ainsi que les sensations dans vos orteils et vos pieds?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4c.	Souffrez-vous d'un autre trouble métabolique (troubles thyroïdiens, diabète gestationnel, neuropathie chronique, troubles hépatiques)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Avez-vous des problèmes de santé mentale ou des difficultés d'apprentissage? Ceux-ci comprennent l'Alzheimer, la démence, la dépression, les troubles anxieux, les troubles alimentaires, la psychose, la déficience intellectuelle et le syndrome de Down.	<input type="checkbox"/> Si oui, répondez aux questions 5a-5b	<input type="checkbox"/> Sinon, rendez-vous à la question 6
5a.	Avez-vous de la difficulté à contrôler votre condition à l'aide de médicaments ou d'autres traitements prescrits par un médecin (répondez non si vous ne prenez présentement pas de médicaments ou si vous ne suivez pas d'autres traitements)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5b.	Souffrez-vous également de problèmes de dos qui affectent les nerfs ou les muscles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Souffrez-vous d'une maladie respiratoire? Cette catégorie comprend la maladie pulmonaire obstructive chronique, l'asthme et l'hypertension artérielle pulmonaire.	<input type="checkbox"/> Si oui, répondez aux questions 6a-6d	<input type="checkbox"/> Sinon, rendez-vous à la question 7
6a.	Avez-vous de la difficulté à contrôler votre condition à l'aide de médicaments ou d'autres traitements prescrits par un médecin (répondez non si vous ne prenez présentement pas de médicaments ou si vous ne suivez pas d'autres traitements)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6b.	Votre médecin vous a-t-il déjà dit que le niveau d'oxygène de votre sang au repos ou durant l'exercice est faible et/ou que vous avez besoin d'oxygène d'appoint?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6c.	Si vous êtes asthmatique, ressentez-vous présentement des symptômes de serrement de la poitrine, une respiration sifflante, une respiration laborieuse, une toux régulière (plus de 2 jours/semaine), ou avez-vous utilisé votre médication d'urgence plus de deux fois au cours de la dernière semaine?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6d.	Votre médecin vous a-t-il déjà dit que vous souffrez d'hypertension artérielle dans les vaisseaux sanguins de vos poumons?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Souffrez-vous d'un traumatisme médullaire? Cela inclut la tétraplégie et la paraplégie.	<input type="checkbox"/> Si oui, répondez aux questions 7a-7c	<input type="checkbox"/> Sinon, rendez-vous à la question 8
7a.	Avez-vous de la difficulté à contrôler votre condition à l'aide de médicaments ou d'autres traitements prescrits par un médecin (répondez non si vous ne prenez présentement pas de médicaments ou si vous ne suivez pas d'autres traitements)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7b.	Présentez-vous couramment une tension artérielle au repos assez faible pour causer des étourdissements et/ou une syncope?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7c.	Votre médecin a-t-il indiqué que vous présentez des accès soudains d'hypertension artérielle (connus sous le nom de dysréflexie autonome)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Veuillez lire attentivement les questions ci-dessous et y répondre de façon honnête : cochez oui ou non.		OUI	NON
8.	Avez-vous eu un accident vasculaire cérébral, y compris un accident ischémique transitoire (AIT)?	<input type="checkbox"/> Si oui, répondez aux questions 8a-8c	<input type="checkbox"/> Sinon, rendez-vous à la question 9
8a.	Avez-vous de la difficulté à contrôler votre condition à l'aide de médicaments ou d'autres traitements prescrits par un médecin (répondez non si vous ne prenez présentement pas de médicaments ou si vous ne suivez pas d'autres traitements)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8b.	Avez-vous de la difficulté à marcher ou un problème de mobilité?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8c.	Avez-vous eu un accident vasculaire cérébral ou une déficience des nerfs ou des muscles au cours des 6 derniers mois?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Êtes-vous atteint de tout autre trouble médical qui n'est pas listé ci-dessus ou souffrez-vous de deux maladies chroniques?	<input type="checkbox"/> Si oui, répondez aux questions 9a-9c	<input type="checkbox"/> Sinon, lisez les recommandations ci-dessus
9a.	Avez-vous fait l'expérience d'un évanouissement, d'une syncope ou d'une perte de connaissance dus à une blessure à la tête au cours des 12 derniers mois ou vous a-t-on diagnostiqué une commotion au cours des 12 derniers mois?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9b.	Souffrez-vous d'un trouble médical qui n'est pas listé (tel que l'épilepsie, les troubles neurologiques ou les troubles des reins)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9c.	Souffrez-vous présentement de deux troubles chroniques?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Veuillez lire les recommandations concernant votre trouble médical actuel ci-dessous et signer ce document.

Q-AAP+



Si vous avez répondu non à toutes les questions de suivi relatives à votre trouble médical, vous pouvez augmenter votre niveau d'activité physique :

- Il est recommandé de consulter un professionnel de l'exercice qualifié (p. ex. un PEC-SCPE ou EPC-SCPE), qui vous aidera à élaborer un plan d'activité physique sécuritaire et efficace pour répondre à vos besoins de santé.
- Nous vous encourageons à commencer lentement et à augmenter graduellement – 20 à 60 minutes d'exercice d'intensité faible à modérée, 3 à 5 jours par semaine, dont des exercices d'aérobic et de renforcement musculaire.
- Au fur et à mesure que vous progresserez, vous devriez essayer d'accumuler 150 minutes ou plus d'activités physiques d'intensité modérée par semaine.
- Si vous avez plus de 45 ans et n'avez **pas** l'habitude de pratiquer régulièrement de l'activité physique vigoureuse, veuillez consulter un professionnel de l'exercice qualifié (PEC-SCPE) avant de participer à un exercice d'intensité très élevée.



Si vous avez répondu oui à une ou plusieurs des questions de suivi relatives à votre trouble médical :

- Vous devriez demander de plus amples renseignements à un professionnel de la santé certifié avant de devenir physiquement plus actif ou de participer à une évaluation de la condition physique et / ou visiter un professionnel de l'exercice qualifié (PEC-SCPE) pour plus d'information.

**Remettez à plus tard le projet de devenir plus actif si :**

- › Vous ne vous sentez pas bien en raison d'une maladie temporaire telle qu'un rhume ou de la fièvre – attendez de vous sentir mieux;
- › Vous êtes enceinte – parlez à votre professionnel de la santé, à votre médecin ou à un professionnel de l'exercice qualifié et/ou remplissez le formulaire X-AAP pour les femmes enceintes avant d'augmenter votre niveau d'activité physique; **ou**
- › Votre état de santé change – veuillez discuter avec votre médecin ou un professionnel de l'exercice qualifié (PEC-SCPE) avant de continuer tout programme d'activité physique.

SECTION 3 – DÉCLARATION

- › Nous vous encourageons à photocopier le Q-AAP+. Vous devez utiliser le questionnaire complet, et **aucun** changement n'est permis.
- › La Société canadienne de physiologie de l'exercice, la Collaboration Q-AAP+ et leurs agents n'assument aucune responsabilité envers les personnes qui font de l'activité physique. Si vous éprouvez des doutes après avoir rempli ce questionnaire, consultez votre médecin avant de faire de l'activité physique.
- › Si vous n'avez pas l'âge légal requis pour donner votre consentement ou nécessitez l'assentiment d'un prestataire de soins, votre parent, votre tuteur ou votre prestataire de soins doit également signer ce formulaire.
- › Veuillez lire et signer la déclaration ci-dessous :

Je soussigné(e) affirme avoir lu, entièrement compris et rempli ce questionnaire. Je reconnais que cette autorisation à faire de l'activité physique est valide pour un maximum de 12 mois à partir de la date à laquelle le questionnaire a été rempli et qu'elle deviendrait invalide si mon état de santé venait à changer. Je reconnais également qu'un administrateur (par exemple mon employeur, mon centre communautaire/de conditionnement physique, mon professionnel de la santé ou autre remplaçant désigné) pourrait conserver une copie de ce formulaire pour ses dossiers. En pareils cas, l'administrateur devra adhérer aux directives locales, nationales et internationales en matière d'archivage des renseignements médicaux personnels, s'assurant que cette information demeure confidentielle et que personne n'en fasse mésusage ou ne la divulgue illégalement.

NOM _____ DATE _____

SIGNATURE _____ TÉMOIN _____

SIGNATURE DU PARENT/TUTEUR/PRESTATAIRE DE SOINS _____

Pour plus d'information, veuillez contacter :
La Société canadienne de physiologie de l'exercice
www.csep.ca

TÉLÉPHONE : _____

COURRIEL : _____

RÉFÉRENCES CLÉS

1. Jamnik VJ, Warburton DER, Makarski J, McKenzie DC, Shephard RJ, Stone J et coll. Enhancing the effectiveness of clearance for physical activity participation; background and overall process. *APNM* 36(51):53-513, 2011.
2. Warburton DER, Gledhill N, Jamnik VK, Bredin SSD, McKenzie DC, Stone J et coll. Evidence-based risk assessment and recommendations for physical activity clearance; Consensus Document. *APNM* 36(51):5266-5298, 2011.

Le Q-AAP+ a été créé à l'aide du processus fondé sur des données probantes AGREE (1) par la Collaboration Q-AAP+, présidée par Darren E. R. Warburton, de pair avec Norman Gledhill, Veronica Jamnik et Donald C. McKenzie (2). La production de ce document a été rendue possible grâce à l'appui financier de l'Agence de la santé publique du Canada et du Ministry of Health Services de la Colombie-Britannique. Les opinions exprimées dans ce document ne représentent pas nécessairement celles de l'Agence de la santé publique du Canada ou du Ministry of Health Services de la Colombie-Britannique.



COPYRIGHT © 2012 5 / 5
 Version du 12 septembre 2011 approuvée par la SCPE

ANNEXE J

Perception nausée et étourdissement

1	Aucun (e)
2	Léger (ère)
3	Modéré (e)
4	Considérable
5	Extrême

ANNEXE K

FORMULAIRE DE DÉDOMMAGEMENT

Titre du projet: Mesure de la température rectale: Faisabilité et validation de l'utilisation de sondes téléométriques

Numéro du projet: 2017-1653

Chercheurs principaux:

Eric Goulet, Ph.D., professeur-chercheur, Faculté des sciences de l'activité physique. Université de Sherbrooke.

Jonathan Gosselin, B.Sc., étudiant à la maîtrise, Faculté des sciences de l'activité physique. Université de Sherbrooke.

Co-chercheurs:

José Morais, M.D., professeur-chercheur, MUHC-Hôpital Général de Montréal. Université McGill.

Mathieu Hamel, M.Sc.A., Ingénieur biomédical, CIUSSS de l'Estrie-CHUS, Centre de recherche sur le vieillissement.

Douglas Casa, Ph.D., professeur-chercheur, University of Connecticut.

Yuri Hosokawa, Ph.D., University of Connecticut.

COMPENSATION

Un montant forfaitaire de 75 \$ vous est versé pour votre participation à l'étude.

Nom

Prénom

Adresse complète

Signature

Date

Signature du responsable

Date

ANNEXE L

Étude Pilote en bain-marie : Montage/condom/conventionnelle

Protocole de recherche :

Temps (min)	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	170	175
°C	37.2	37.2	37.2	37.5	37.8	38.2	37.8	37.5	37.2	37.8	38.4	39	38.5	38

ANNEXE M

Étude Pilote en bain-marie : Montage/condom/conventionnelle

Résultats préliminaires

	Biais
Montage 1	-0.01 ± 0.10
Montage 2	-0.06 ± 0.15
Montage 1-2	-0.04 ± 0.14
Conventionnelle 1	0.02 ± 0.10
Conventionnelle 2	0.06 ± 0.18
Conventionnelle 1-2	0.04 ± 0.15
Condom 1	0.05 ± 0.24
Condom 2	-0.02 ± 0.12
Condom 1-2	0.01 ± 0.20

ANNEXE N

Étude Pilote en bain-marie : réutilisation de sondes téléométriques

Protocoles de recherche

1) 1h

Temps (min)	0	10	20	30	40	50	60
°C	36.8	37.4	37.9	38.0	38.3	38.5	38.6

2) 2h

Temps (min)	0	20	40	60	80	100	120
°C	37.0	37.6	37.8	38.1	38.3	38.5	38.6

3) 3h

Temps (min)	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117
°C	37.8	38	38.3	38.5	38.7	39	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	39.0	39.0

Temps (min)	126	135	144	153	162	171	180
°C	39.0	39.0	39.1	39.2	39.2	39.3	39.3

4) 4h

Temps (min)	0	30	60	90	120	150	180	200	220	240
°C	37.3	38.3	39.2	38.9	38.9	38.9	38.9	38.3	37.8	37.8

5) 5h

Temps (min)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
°C	37.2	37.4	37.7	38.2	38.2	38.2	38.2	38.1	38.1	38.1	38.0

ANNEXE O

Étude Pilote en bain-marie : réutilisation de sondes télémétriques

Résultats préliminaires

	Sonde 1	Sonde 3	Sonde 4
Biais protocoles 1 à 8	-0.10 ± 0.11	-0.09 ± 0.13	-0.14 ± 0.17
Biais protocoles 9 à 15	-0.06 ± 0.11	-0.08 ± 0.12	-0.10 ± 0.13
Biais protocoles 16 à 20	-0.11 ± 0.11	-0.13 ± 0.16	-0.11 ± 0.12
Biais protocoles 1 à 20	-0.09 ± 0.12	-0.10 ± 0.14	-0.12 ± 0.15

ANNEXE P

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT À LA RECHERCHE

TITRE DU PROJET DE RECHERCHE : Mesure de la température rectale: Faisabilité et validation de l'utilisation de sondes téléométriques.

ÉQUIPE DE RECHERCHE :

Chercheur principal :

Eric Goulet, Ph.D., professeur-chercheur. Faculté des sciences de l'activité physique; Centre de recherche sur le vieillissement. Université de Sherbrooke.

Jonathan Gosselin, B.Sc., étudiant à la maîtrise. Université de Sherbrooke.

Co-chercheurs

José Morais, M.D., professeur-chercheur. MUHC-Hôpital Général de Montréal. Université McGill.

Mathieu Hamel, M.Sc. A., Ingénieur biomédical. CIUSSS de l'Estrie-CHUS, Centre de recherche sur le vieillissement. Université de Sherbrooke.

Douglas Casa, Ph.D., professeur-chercheur. University of Connecticut.

Yuri Hosokawa, M.Sc., étudiante au doctorat. University of Connecticut.

NUMÉRO DE DOSSIER : 2017-1653

FINANCEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

Ce projet est financé par un fonds départemental de recherche de la Faculté des sciences de l'activité physique de l'Université de Sherbrooke.

PRÉAMBULE

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche parce que nous voulons déterminer s'il est possible d'utiliser une sonde téléométrique afin de mesurer de façon valide et efficace la température rectale. Cependant, avant d'accepter de participer à cette

recherche, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et les inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin. Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles et à demander que nous vous expliquions tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

Si vous acceptez de participer à ce projet, vous devrez signer le consentement à la fin du présent document. Nous vous en remettrons une copie pour vos dossiers.

NATURE ET OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE

Dans le domaine des sciences de l'exercice, la température rectale est utilisée afin de mesurer en temps continu les changements de température corporelle lors de situations engendrant des gains ou des pertes de chaleur corporelle faibles, modérés ou importants. Typiquement, la température rectale est mesurée à l'aide d'une sonde câblée insérée à une profondeur de 15 centimètres au-delà du sphincter anal. Elle doit être fixée à un harnais afin de prévenir tout déplacement et reliée à un enregistreur de données non portable.

Malgré son utilisation répandue, il existe plusieurs limitations à la mesure de la température rectale via l'utilisation d'une sonde câblée traditionnelle. En effet, bien que la sonde doive être fixée à un harnais, il arrive parfois que cette procédure soit mal effectuée par le personnel technique et que cette dernière se déplace de plusieurs centimètres et sorte même du rectum. De plus, il n'est pas possible ou pratique d'utiliser cette technique de mesure en conditions de terrain (à l'extérieur du laboratoire). Finalement, il est difficile pour les participants de pouvoir adopter une position différente de celle dans laquelle ils étaient lorsque la sonde rectale câblée a été fixée au harnais, ce qui limite plusieurs possibilités dans un contexte de recherche.

Le but de la présente étude est donc de trouver une solution alternative à l'utilisation de la sonde rectale câblée conventionnelle et de déterminer s'il est possible d'utiliser une sonde télémétrique afin de mesurer de façon valide et efficace la température rectale. Plus

particulièrement, nous voulons déterminer si des sondes télémétriques servant habituellement à mesurer la température gastro-intestinale peuvent être utilisées chez l'humain afin de mesurer la température rectale de façon valide 1) au repos à une température ambiante tempérée; 2) lors d'une augmentation lente et modérée de la température corporelle (exposition passive à la chaleur); 3) lors d'une diminution lente et modérée de la température corporelle (ingestion de barbotine (slush)); 4) lors d'une augmentation rapide et importante de la température corporelle (période d'exercice sous la chaleur) et; 5) lors d'une diminution rapide et importante de la température corporelle (immersion en eau froide).

DÉROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

Si vous acceptez de participer à l'étude après la lecture du présent formulaire, votre implication exigera deux visites au laboratoire de performance humaine du Centre Sportif de l'Université de Sherbrooke. Plus précisément, les visites se dérouleront au Centre Sportif de l'Université de Sherbrooke. La durée de la première visite sera d'environ 2 heures, tandis que celle de la deuxième visite sera d'environ 5 heures. Vous pourrez effectuer les visites aux heures qui vous conviennent. Il est à noter que les visites devront être effectuées à un intervalle de 14 jours, au maximum.

1^{re} visite

Mesures de base et questionnaires

On vous expliquera l'étude, on répondra à vos questions et vous signerez le formulaire de consentement, si vous désirez encore participer au projet. Vous remplirez un questionnaire afin de récolter des renseignements généraux (âge, courriel et personne à contacter en cas d'urgence). Vous remplirez un questionnaire de santé. Pour votre sécurité, il se pourrait que vous soyez exclus suite à ce questionnaire. On mesurera votre tension artérielle à l'aide d'un appareil conventionnel numérique et votre fréquence cardiaque de repos à l'aide de ce même appareil. On mesurera votre poids corporel à l'aide d'une balance électronique et votre taille. Vous devrez uriner avant que l'on mesure votre poids. On vous demandera de mettre une jaquette d'hôpital afin de mesurer de façon précise votre poids corporel. Vous devrez effectuer un test d'immersion. Pour ce faire, vous devrez d'abord vous mettre en

position semi-assise (avec un angle aux genoux entre 150 et 170 degrés) dans un réservoir de 400 litres. Ensuite, nous remplirons le réservoir avec de l'eau à 37°C jusqu'à ce que la hauteur de cette dernière atteigne vos clavicules. Vous devrez effectuer un test de consommation maximale d'oxygène sur tapis roulant. Pour ce faire, vous effectuerez d'abord un échauffement de 5- 10 minutes sur le tapis roulant à une intensité de votre choix. Ensuite, on apposera un masque sur votre visage qui servira à mesurer votre consommation d'air. On apposera ensuite une ceinture au niveau de votre torse afin de mesurer votre fréquence cardiaque. Du gel sera appliqué sur la ceinture afin de faciliter la transmission du signal. Le test débutera à une vitesse de 8 km/h, et cette dernière augmentera de 1 km/h à chaque minute subséquente jusqu'à ce que vous ne soyez plus en mesure de courir. Une pente de 1% sera appliquée lors du test. Ce test sera effectué à une température de 20-22 °C et un ventilateur fonctionnera pendant le test afin de vous refroidir. Fin de la visite, prise de rendez-vous pour la prochaine visite et on vous remet les instructions pour la prochaine visite. Vous allez pouvoir ingérer de l'eau, des boissons pour sportif ou des barres énergétiques.

2^e visite

Expérimentation

Vous allez vidanger votre vessie et allez collecter un échantillon d'urine à mi- jet d'environ 15 millilitres. Vous devrez à ce moment mettre une jaquette d'hôpital. On mesurera votre poids corporel à l'aide d'une balance électronique. Vous allez vous habiller pour les tests à venir (bas, short, t-shirt et soulier de course). Vous allez installer les sondes rectales et télémétriques, lesquelles sont reliées bout à bout à l'aide d'un connecteur en silicone, 15 centimètres au-delà du sphincter anal à l'aide d'un gel lubrifiant. La sonde rectale sera ensuite fixée à un harnais et nous allons installer 4 sondes épidermiques (une sur votre bras, tronc, cuisse et mollet gauche) qui seront fixées à l'aide de ruban adhésif. Nous allons vous installer, à la base du dos, un petit capteur servant à mesurer en continu les températures émises par la sonde télémétrique. Finalement, vous devrez mettre une montre et une ceinture au niveau du torse afin de mesurer la fréquence cardiaque. Un gel électrolytique sera placé sur la ceinture afin de faciliter la transmission du signal.

Vous allez prendre une position assise de 30 minutes dans une pièce à 20- 22°C. Vous

pourrez lire pendant cette période ou écouter de la musique.

Vous allez prendre une position assise de 45 minutes dans une chambre environnementale à une température de 40-42°C. L'ensemble de votre corps sera soumis à la chaleur, à l'exception de votre tête, qui elle, sera exposée à 20-22°C. Vous pourrez écouter de la musique pendant cette période. Nous allons mesurer votre pression artérielle toutes les 5 minutes à l'aide d'un appareil conventionnel numérique. Votre visage sera ventilé à faible vitesse à l'aide d'un ventilateur. Ceci vous aidera à tolérer la chaleur. Nous allons mesurer vos perceptions de nausée et d'étourdissement toutes les 5 minutes. Si vous atteignez des valeurs trop élevées, nous allons stopper l'expérimentation. Aussi, nous pourrions stopper l'expérimentation si des valeurs trop hautes ou basses de pression artérielle sont mesurées. Si l'expérimentation est stoppée, vous pourrez décider de la reprendre ou non un autre jour. Vous ne pourrez pas boire d'eau pendant cette période, mais vous pourrez vous rincer la bouche avec de l'eau fraîche que vous devrez recracher.

Vous allez prendre une position assise de 45 minutes dans une pièce à 20- 22°C et allez ingérer (sur une période de 30 minutes) un total de 7.5 milligrammes de barbotine/kilogramme de poids corporel. Plus précisément, on vous donnera 2.5 milligrammes de barbotine/kilogramme de poids corporel toutes les 10 minutes. Vous pourrez la consommer avec une paille ou une cuillère. Vous pourrez écouter de la musique pendant cette période.

Vous allez effectuer une période d'exercice à course à pied sur tapis roulant à une température de 38°C (environ 20-30% humidité). L'exercice sera effectué à 68% de votre consommation maximale d'oxygène jusqu'à ce que votre température rectale atteigne 39.5°C, ce qui devrait prendre de 35 à 50 minutes. Nous allons mesurer vos perceptions de nausée et d'étourdissement toutes les 5 minutes. Si vous atteignez des valeurs trop élevées, nous allons stopper l'expérimentation. Si l'expérimentation est stoppée, vous pourrez décider de la reprendre ou non un autre jour. Vous ne pourrez pas boire d'eau pendant cet exercice, mais vous pourrez vous rincer la bouche avec de l'eau fraîche que vous devrez recracher.

Vous allez être immergé jusqu'aux clavicules dans un bain d'eau froide à 10°C, jusqu'à ce que la température rectale baisse de 1.5°C (durée d'environ 10-20 minutes)

Nous allons vous transférer à une température de 38°C afin de vous réchauffer et vous allez vidanger votre vessie et collecter un échantillon d'urine à mi-jet d'environ 15 millilitres. Nous allons vous retirer les différents équipements. Nous allons mesurer votre poids corporel à l'aide d'une balance électronique. Vous devrez porter une jaquette d'hôpital à ce moment. Fin de l'étude et vous allez pouvoir ingérer de l'eau, des boissons pour sportif ou des barres énergétiques.

COLLABORATION DU SUJET DE RECHERCHE

Avant la première visite au laboratoire Lors des dernières 24 h avant cette première visite, on vous demandera de ne pas pratiquer d'activités physiques qui sortent de l'ordinaire pour vous. De plus, deux heures avant la visite, nous vous demanderons d'arrêter de consommer des liquides et aliments, à l'exception de l'eau.

Avant la deuxième visite au laboratoire Vous devrez vous présenter au laboratoire bien alimenté et reposé. En plus, vous devrez consommer, 60 minutes avant d'arriver au laboratoire, 250 ml d'eau après quoi vous devrez demeurer à jeun.

RISQUES ASSOCIÉES AU PROJET DE RECHERCHE

- Les périodes d'expositions (actives ou passives) à la chaleur pourraient, chez certains individus, causer des maux de tête, des nausées, des étourdissements, des vomissements et une faiblesse généralisée. Par contre, la prévalence de ces événements est quand même très rare chez des personnes actives en santé.
- Les périodes d'exercice pourraient potentiellement engendrer un risque de blessures musculaires ou osseuses chez des personnes plus susceptibles. Ces personnes plus susceptibles sont celles dont la prévalence de blessure sportive est plus élevée que chez d'autres. Par contre, la prévalence de ces événements est quand même très rare chez des personnes actives en santé.
- Les périodes d'exercices pourraient potentiellement causer l'hypoglycémie chez certains individus plus susceptibles. Par contre, cette étude est effectuée chez des personnes actives en santé chez qui les mécanismes du maintien de la glycémie fonctionnent de façon

optimale. De plus, pendant l'expérimentation, vous allez consommer des glucides à travers l'ingestion de barbotine et, suivant les deux visites, vous pourrez consommer des barres énergétiques et boissons pour sportif.

- L'évaluation de la consommation maximale d'oxygène demande la production d'un effort maximal. De façon tout à fait exceptionnelle, chez la personne adulte en santé, un effort physique effectué à haute intensité pourrait causer des réactions plus graves tels des problèmes cardiaques qui pourraient provoquer une mort subite (1 personne sur 16 500 individus). Par contre, nous aurons sélectionné des individus dont les risques sont les plus faibles pour de tels incidents.
- Si des problèmes de santé se manifestent pendant l'expérimentation, vous devrez les signaler aux chercheurs aussitôt que vous les ressentirez. Si les symptômes ressentis sont considérés comme importants, l'expérimentation arrêtera immédiatement et sera remise à un jour subséquent, à moins que vous décidiez de vous retirer de l'étude. À tout moment pendant l'expérimentation l'expérimentateur (ou vous-même) peut décider de mettre fin à l'expérimentation.
- Il est possible que vous ressentiez des maux de tête ou des maux de dents aigus (mais ne qui ne persistent habituellement pas au-delà de la période d'ingestion de barbotine) pendant l'ingestion de barbotine. Afin de minimiser ces risques, nous vous suggérerons de laisser votre gorge se réchauffer avant chaque prise de barbotine et d'ingérer cette dernière lentement.

INCONVÉNIENTS

- L'exposition à la chaleur pourrait engendrer des perceptions subjectives peu agréables comme la sensation d'avoir très chaud ou une perception de fatigue accrue. Par contre, ces inconvénients disparaîtront rapidement suivant l'expérimentation.
- La période d'immersion en eau froide, elle aussi, pourrait engendrer des perceptions subjectives peu agréables comme la sensation d'avoir froid. Elle pourrait même entraîner un frissonnement. Par contre, ces inconvénients disparaîtront rapidement suivant l'expérimentation.

- Les périodes d'exercice seront exigeantes. Or, il est possible que pendant et après ces périodes, vous ressentiez une fatigue mentale et/ou physique inhabituelle. La fatigue devrait s'atténuer dans les minutes ou heures suivant l'expérimentation. Ces périodes d'exercice pourraient aussi causer des douleurs musculaires qui pourraient durer quelques jours.
- Vous pourriez ressentir un inconfort en insérant la sonde rectale et télémétrique. Cet inconfort pourrait perdurer tout au long de l'expérimentation. Néanmoins, une fois les sondes retirées, l'inconfort disparaît dans les minutes suivantes.
- Les sondes épidermiques seront maintenues à l'aide de ruban adhésif. Le retrait de ce ruban adhésif pourrait être inconfortable.
- La possibilité est très peu élevée, mais il ne peut être écartée que lors du retrait du montage, la sonde télémétrique ainsi que le connecteur demeurent dans votre rectum. Si jamais ceci se produisait, un inconfort pourrait perdurer jusqu'à l'élimination par les selles de la sonde et du connecteur.

AVANTAGES

- Il se peut que vous retiriez un bénéfice personnel de votre participation à ce projet de recherche, mais nous ne pouvons pas le garantir. Néanmoins, vous obtiendrez des informations qui vous permettront de:
 - mieux comprendre votre capacité cardio-respiratoire;
 - mieux comprendre la capacité de votre organisme à se refroidir après l'ingestion de barbotine;
 - mieux comprendre la capacité de votre organisme à réguler la température corporelle lors d'un exercice intense effectué sous la chaleur;

Par ailleurs, les informations découlant de ce projet de recherche pourraient contribuer à l'avancement des connaissances dans le domaine de la science de l'exercice.

PARTICIPATION VOLONTAIRE ET POSSIBILITÉ DE RETRAIT

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet ou à l'un des membres du personnel affecté au projet. Votre décision de participer ou non n'aura aucun impact sur votre parcours scolaire et vos relations présentes ou futures avec les membres de l'équipe de recherche.

Le chercheur responsable de l'étude et le Comité d'éthique de la recherche du CIUSSS de l'Estrie - CHUS peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

À moins d'avis contraire de votre part, si vous vous retirez de l'étude ou en êtes retiré, l'information vous concernant obtenue dans le cadre de l'étude sera rendue anonyme, c'est-à-dire qu'il sera impossible de les lier à votre nom, prénom, coordonnées ou date de naissance. L'information sera conservée par le chercheur principal de l'étude durant 5 ans. Passé ce délai, l'information sera détruite selon les normes en vigueur au CIUSSS de l'Estrie - CHUS.

Toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait affecter votre décision de continuer d'y participer vous sera communiquée sans délai verbalement ou par écrit.

CONFIDENTIALITÉ

Durant votre participation à ce projet, nous recueillerons et consignerons dans un dossier de recherche des renseignements qui vous concernent. Seuls ceux qui sont strictement nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques du projet seront recueillis et utilisés à des fins de recherche.

Ces renseignements (données) comprendront les informations suivantes :

- Votre nom, votre âge et votre adresse de courriel;

- Votre état de santé présent ;
- Les résultats de tous les tests et de toutes les procédures que vous aurez à faire durant ce projet.

Toutes ces données demeureront strictement confidentielles, dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des renseignements recueillis, vous serez identifié par un numéro de code. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée exclusivement par le chercheur responsable.

À la fin du projet de recherche, les données recueillies contenues dans votre dossier de recherche seront rendues anonymes, c'est-à-dire qu'il sera impossible de les lier à votre nom, prénom, coordonnées ou date de naissance.

Ainsi, les données pourront :

- Servir pour d'autres analyses reliées au projet ;
- Servir pour l'élaboration de projets de recherche futurs.

Et les résultats de recherche pourront :

- Être publiés dans des revues spécialisées ;
- Faire l'objet de discussions scientifiques.

Quant à vos renseignements personnels (votre nom et/ou vos coordonnées), ils seront conservés, dans un dossier séparé, pendant 5 ans après la fin du projet par le chercheur responsable et seront détruits selon les normes en vigueur au CIUSSS de l'Estrie - CHUS par la suite.

Les personnes suivantes pourront consulter votre dossier de recherche :

- Vous-même, pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable ou le CIUSSS de l'Estrie - CHUS détiennent ces informations.
- Une personne mandatée par le CÉR du CIUSSS de l'Estrie - CHUS ou par des organismes publics autorisés et ce, à des fins de surveillance et de contrôle. Toutes ces personnes et tous ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

COMPENSATION :

Vous recevrez un montant de 75\$ pour votre participation, en compensation des frais encourus et des contraintes subies pendant votre participation à ce projet de recherche.

DROITS DU PARTICIPANTS

En acceptant de participer à cette étude, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs ou l'établissement où se déroule ce projet de recherche de leurs responsabilités civile et professionnelle.

IDENTIFICATION DES PERSONNES-RESSOURCES

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le chercheur responsable du projet de recherche ou les membres de son équipe aux numéros suivants :

Si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec le Bureau des plaintes et de la qualité des services du CIUSSS de l'Estrie - CHUS

SURVEILLANCE DES ASPECTS ÉTHIQUES

Le Comité d'éthique de la recherche du CIUSSS de l'Estrie - CHUS a approuvé ce projet de recherche et en assure le suivi annuel. De plus, il approuvera, au préalable, toute révision et toute modification apportée au présent formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche.

Pour toutes questions reliées à l'éthique, concernant vos droits ou les conditions dans lesquelles se déroule votre participation à ce projet, vous pouvez communiquer le Service de soutien à l'éthique de la recherche du CIUSSS de l'Estrie – CHUS

ÉTUDES ULTÉRIEURES

Dans l'éventualité où des projets de recherche similaires à celui-ci se réaliseraient dans les 5 prochaines années, acceptez-vous qu'un membre de l'équipe de recherche prenne contact avec vous pour vous proposer une nouvelle participation? Bien sûr, lors de cet appel, vous seriez entièrement libre d'accepter ou de refuser de participer.

Oui ☐ Non ☐

CONSENTEMENT DU PARTICIPANT

J'ai pris connaissance de ce formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

Nom et signature du participant

Date

ENGAGEMENT DE LA PERSONNE QUI OBTIENT LE CONSENTEMENT

J'ai expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

ENGAGEMENT DU CHERCHEUR RESPONSABLE DU PROJET DE RECHERCHE

Je m'engage, avec mon équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement et à ce qu'une copie signée soit remise au participant.

Je m'engage également à respecter le droit de retrait du participant et à l'informer de toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait modifier sa décision de continuer d'y participer.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche	Date
--	------

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche	Date
--	------

CALENDRIER DES VISITES ET INTERVENTIONS

	Visite 1	Visite 2
Formulaire de consentement	X	
Renseignements généraux	X	
Questionnaire de santé	X	
Tension artérielle	X	X
Fréquence cardiaque	X	X
Vidange de la vessie	X	X
Échantillons d'urine		X
Taille	X	
Poids corporel	X	X
Test d'immersion	X	
Test de la consommation maximale d'oxygène	X	
Exigences auxquels vous devrez vous conformer avant de vous présenter au laboratoire	X	X
Température rectale et télémétrie		X
Température de la peau		X
Position assise dans un environnement tempéré		X
Position assise dans un environnement chaud		X
Ingestion de barbotine		X
Exercices en course à pied		X
Immersion en eau froide		X

